

**DIŞ MANYETİK ALANDA GEÇİŞ METAL  
ALAŞIMLARININ K TABAKASI  
X-IŞINI ŞİDDET ORANLARI VE  
VALENS ELEKTRON YAPILARININ  
BELİRLENMESİ**

**Bünyamin ALIM**

**Yüksek Lisans Tezi  
Fizik Anabilim Dalı  
Prof. Dr. Lütfü DEMİR  
2012  
Her Hakkı Saklıdır**

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**DIŞ MANYETİK ALANDA GEÇİŞ METAL ALAŞIMLARININ K  
TABAKASI X-IŞINI ŞİDDET ORANLARI VE VALENS  
ELEKTRON YAPILARININ BELİRLENMESİ**

**Bünyamin ALİM**

**FİZİK ANABİLİM DALI**

**ERZURUM**

**2012**

**Her Hakkı Saklıdır**



T.C.  
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TEZ ONAY FORMU

DIŞ MANYETİK ALANDA GEÇİŞ METAL ALAŞIMLARININ K TABAKASI  
X-IŞINI ŞİDDET ORANLARI VE VALENS ELEKTRON YAPILARININ  
BELİRLENMESİ

Prof. Dr. Lütfü DEMİR danışmanlığında, Bünyamin ALİM tarafından hazırlanan bu çalışma 26/07/2012 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından. Fizik Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak ~~oybirliği/oy çokluğu~~ (.../...) ile kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Lütfü DEMİR

İmza

Üye : Prof. Dr. Yakup KURUCU

İmza

Üye : Prof. Dr. Ümit TURGUT

İmza

Yukarıdaki sonucu onaylıyorum

Prof. Dr. İhsan EFEOĞLU  
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### DIŞ MANYETİK ALANDA GEÇİŞ METAL ALAŞIMLARININ K TABAKASI X-IŞINI ŞİDDET ORANLARI VE VALENS ELEKTRON YAPILARININ BELİRLENMESİ

Bünyamin ALIM

Atatürk Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Fizik Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Lütfü DEMİR

Bu çalışmada, Fe-Ni geçiş metal alaşımlarının valens elektron yapıları üzerine dış manyetik alanın etkisi, çeşitli alaşım bileşimlerinin  $K\beta/K\alpha$  X-ışını şiddet oranları vasıtasıyla araştırıldı.

İlk olarak, Fe, Ni ve  $Fe_xNi_{1-x}$  ( $x = 0,20; 0,40; 0,52; 0,55; 0,61; 0,64$ ) alaşımlarının  $K\alpha$  ve  $K\beta$  emisyon spektrumları bir Si(Li) katı hal dedektörü kullanılarak belirlendi.  $Fe_xNi_{1-x}$  alaşımlarında Fe ve Ni'nin  $K\beta/K\alpha$  X-ışını şiddet oranları, manyetik alan olmadan ve 0,5 T ve 1 T'lık dış manyetik alanda 200 mCi  $^{241}Am$  radyoizotop kaynaktan yayımlanan 59,5 keV'lik  $\gamma$ -ışınları uyarımı ile belirlendi. Daha sonra, belirlenen  $K\beta/K\alpha$  X-ışını şiddet oranları,  $Fe_xNi_{1-x}$  alaşımlarındaki Fe ve Ni valens elektron konfigürasyonlarını elde etmek için multikonfigürasyon Dirac-Fock hesaplama sonuçları ile karşılaştırıldı. Böylece, bu metallerin valens elektron konfigürasyonları manyetik alan olmadan ve 0,5 T ve 1 T'lık dış manyetik alanda belirlendi.

Dış manyetik alanda elde edilen deneysel datalar, dış manyetik alan olmadan elde edilen deneysel datalardan çeşitli alaşım bileşimlerindeki Fe ve Ni için  $K\beta/K\alpha$  X-ışını şiddet oranlarında sapmalar gösterdi. Dış manyetik alanda alaşımlardaki Fe ve Ni'nin valens elektron yapıları, manyetik alanın olmadığı durumdaki valens elektron yapılarına göre önemli ölçüde farklılıklar gösterdi. Böylece bu ölçümlerin sonuçları,  $Fe_xNi_{1-x}$  alaşımlarındaki Fe ve Ni'nin  $K\beta/K\alpha$  X-ışını şiddet oranları ve valens elektron konfigürasyonlarının dış manyetik alana bağlı olduğunu gösterdi.

**2012, 90 sayfa**

**Anahtar Kelimeler:**  $K\beta/K\alpha$  X-ışını şiddet oranı, geçiş metal alaşımları, valens elektron yapısı, dış manyetik alan.

## ABSTRACT

Master Thesis

### DETERMINATION of VALENCE ELECTRON STRUCTURES and K SHELL X-RAY INTENSITY RATIOS of TRANSITION METAL ALLOYS in EXTERNAL MAGNETIC FIELD

Bünyamin ALIM

Atatürk University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Physics

Supervisor: Prof. Dr. Lütfü DEMİR

In this study, the effect of external magnetic field on the valence electron structures of Fe-Ni transition metal alloys have been investigated by  $K\beta/K\alpha$  X-ray intensity ratios of various alloy compositions.

At first, the  $K\alpha$  and  $K\beta$  emission spectra of Fe, Ni and  $Fe_xNi_{1-x}$  ( $x= 0,20; 0,40; 0,52; 0,55; 0,61; 0,64$ ) alloys were measured by using a Si(Li) solid state detector.  $K\beta/K\alpha$  X-ray intensity ratios of Fe and Ni in  $Fe_xNi_{1-x}$  alloys without magnetic field and in 0,5 and 1T external magnetic field have been measured following excitation by 59,5 keV  $\gamma$ -rays from a 200 mCi  $^{241}\text{Am}$  radioisotope source. Afterwards, measured  $K\beta/K\alpha$  X-ray intensity ratios were compared to the results of multiconfiguration Dirac-Fock calculations to obtain valence electronic configurations of Fe, Ni in  $Fe_xNi_{1-x}$  alloys. So, the valence electron configurations of these metals without magnetic field and in 0,5 and 1 T external magnetic field have been determined.

The experimental data obtained in external magnetic field have indicated deviations of  $K\beta/K\alpha$  X-ray intensity ratios for Fe and Ni in different alloy compositions from the corresponding ratios without external magnetic field. Valence electron structures of Fe and Ni in alloys under external magnetic field have indicated significant differences with respect to the ones without magnetic field. Thus, results of these measurements have shown that  $K\beta/K\alpha$  X-ray intensity ratios and valence electron configuration of Fe and Ni in  $Fe_xNi_{1-x}$  alloys are dependent on the external magnetic field.

**2012, 90 Pages**

**Keywords:**  $K\beta/K\alpha$  X-ray intensity ratio, transition metal alloys, valence electronic structure, external magnetic field.

## TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum bu çalışma, Atatürk Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Bölümünde Sayın Prof. Dr. Lütfü DEMİR'in yöneticiliğinde hazırlanmıştır. Bu çalışmanın planlanması ve yürütülmesinde tecrübelerini ve kıymetli bilgilerini esirgemeyen çok değerli hocam Sayın Prof. Dr. Lütfü DEMİR'e sonsuz teşekkürlerimi sunar ve en içten şükranlarımı arz ederim.

Çalışmalarım sırasında yapmış olduğu katkılardan dolayı kıymetli hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. İbrahim HAN' a teşekkür eder ve en içten şükranlarımı arz ederim.

Fen Fakültesi Fizik Bölümünün tüm elemanlarına sağlamış oldukları kolaylıklardan dolayı ve tüm arkadaşlarıma katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Teşvik, destek ve sonsuz sabırlarından dolayı çok değerli aileme teşekkürlerimi sunarım.

Bünyamin ALIM

Temmuz 2012

## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ .....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xi
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
<b>2. KURAMSAL TEMELLER.....</b>	<b>13</b>
2.1. Geçiş Metallerinin Özellikleri .....	13
2.1.1. Geçiş metallerinin değeriği (Oksidasyon sayısı).....	14
2.1.2. Geçiş metallerinde renk.....	15
2.2. Alaşım ve Alaşımrama .....	16
2.2.1. Alaşım üretimi .....	17
2.2.2. Alaşımlandırma ve içyapı oluşumu .....	18
2.2.3. Alaşımın fiziksel ve kimyasal özellikleri .....	22
2.3. Madde İçinde Manyetizma .....	24
2.3.1. Maddelerin manyetik özellikleri .....	26
2.3.1.a. Diyamanyetizma .....	27
2.3.1.b. Paramanyetizma .....	28
2.3.1.c. Ferromanyetizma .....	29
2.3.1.d. Antiferromanyetizma.....	31
2.3.1.e. Ferrimanyetizma .....	32
2.4. X-Işınları .....	32
2.4.1. Sürekli X-ışınları.....	35
2.4.2. Karakteristik X-ışınları .....	37
<b>3. MATERYAL ve YÖNTEM.....</b>	<b>40</b>
3.1. X-Işını Flöresans Tekniği .....	40
3.2. Enerji Ayırmalı X-Işını Flöresans Spektrometresi .....	44
3.2.1. Si(Li) dedektör .....	46

3.2.2. Yüksek voltaj kaynağı (High voltage supplier).....	48
3.2.3. Ön yükseltici (Preamplifier).....	49
3.2.4. Yükseltici (Amplifier).....	49
3.2.5. Analog sayısal dönüştürücü (ADC).....	49
3.2.6. Çok kanallı analizör (MCA).....	50
3.3. Numunelerin Hazırlanması ve Deney Geometrisi.....	50
3.4. K Tabakası X-Işını Şiddet Oranlarının Belirlenmesi.....	55
<b>4. ARAŞTIRMA ve BULGULAR.....</b>	<b>58</b>
<b>5. SONUÇ ve TARTIŞMA.....</b>	<b>79</b>
KAYNAKLAR.....	86
ÖZGEÇMİŞ.....	91



## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

$\sigma$	: Tesir kesiti
$\alpha$	: İnce yapı sabiti
<i>ADC</i>	: Analog sayısal dönüştürücü
<i>B</i>	: Uygulanan dış manyetik alanın şiddeti
<i>c</i>	: Işık hızı
<i>Dn<sub>3d</sub></i>	: 3 <i>d</i> elektron sayısındaki değişim
<i>e</i>	: Elektron yükü
<i>EDXRF</i>	: Enerji ayırmalı X-ışını flöresans
<i>G</i>	: Geometri faktörü
<i>H</i>	: Elektromagnetin alan şiddeti
<i>h</i>	: Plank sabiti
<i>I<sub>Kβ</sub>/I<sub>Kα</sub></i>	: Düzeltilmiş K X-ışını şiddet oranı
<i>L</i>	: Yörünge açısal momentumu
<i>M</i>	: Mıknatıslanma vektörü
<i>MCA</i>	: Çok kanallı analizör
<i>MCDF</i>	: Multi Configuration Dirac Fock
<i>n<sub>3d</sub></i>	: 3 <i>d</i> elektron sayısı
<i>n<sub>4s,4p</sub></i>	: 4 <i>s</i> , 4 <i>p</i> elektronlarının toplam sayısı
<i>N<sub>Kβ</sub>/N<sub>Kα</sub></i>	: Düzeltilmemiş K X-ışını şiddet oranı
<i>R<sub>Kβ</sub>/R<sub>Kα</sub></i>	: Normalize edilmiş K X-ışını şiddet oranı
<i>t</i>	: Numunenin kütle kalınlığı (gr/cm <sup>2</sup> )
<i>Tn<sub>3d</sub></i>	: Alaşımdaki 3 <i>d</i> elektronlarının toplam sayısı
<i>Tn<sub>4s,4p</sub></i>	: Alaşımdaki 4 <i>s</i> , 4 <i>p</i> elektronlarının toplam sayısı
<i>XRF</i>	: X-ışını flöresans
$\lambda$	: Dalga boyu (m)
$\chi$	: Manyetik duygunluk (süseptibilite)
$\hbar$	: Plank sabitinin 2π'ye oranı
$\beta$	: Öz-soğurma düzeltme parametresi

$\mu_e$	: Numuneden yayımlanan fotonlar için kütle azaltma katsayısı
$\mu_i$	: Numuneye gelen fotonlar için kütle azaltma katsayısı
$\mu_m$	: Kütle soğurma katsayısı
$\omega$	: Flöresans verim

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Periyodik tablo.....	13
Şekil 2.2. Alaşımlarda "bileşenler-üretim-içyapı-sonuç" ilişkisi.....	18
Şekil 2.3. Yeralan atomunun ve arayer atomunun metalik kafes sistemindeki gösterimi.....	19
Şekil 2.4. (a) $r$ yarıçaplı yörüngede dolanan bir elektronun zıt yönlerde oluşan açıl momentumu ( $L$ ) ve manyetik momenti ( $\mu$ ). (b) Elektronun spin hareketinden kaynaklanan spin manyetik momenti ( $\mu_{\text{spin}}$ ) modellemesi.....	25
Şekil 2.5. Ferromanyetik bir maddenin mıknatıslanmasının mutlak sıcaklıkla değişimi.....	29
Şekil 2.6. (a) Mıknatıslanmamış bir maddede atomik manyetik dipollerin rastgele yönelişleri. (b) Bir $B_0$ dış alanı uygulandığı zaman, atomik manyetik dipollerin alan yönünde yönelmeye çalışması ve alan yönüne yönelen bölgelerin büyüme göstermesi. ....	30
Şekil 2.7. Bazı spektral çizgiler için Moseley çizimi.....	34
Şekil 2.8. Sürekli $X$ -ışını oluşum mekanizması.....	36
Şekil 2.9. Sürekli $X$ -ışını spektrumu. ....	37
Şekil 2.10. (a) Atomun $E$ enerjili bir fotonla uyarılması ile $K$ tabakasındaki bir elektronun koparılması (fotoelektrik olay). (b) $K$ tabakasında oluşturulmuş bir boşluğun üst yörünge elektronları ile doldurulması sonucu karakteristik $X$ - ışınlarının ( $K\alpha$ ve $K\beta$ ) oluşumu.....	38
Şekil 2.11. Atom enerji seviyeleri ve karakteristik emisyonlar.....	39
Şekil 3.1. $X$ -Işını emisyon spektroskopisi.....	41
Şekil 3.2. $XRF$ tekniği ve tipik $XRF$ analiz düzeneği. ....	42
Şekil 3.3. Enerji ayırımı $X$ -ışını spektrometresi.....	45
Şekil 3.4. Sayma sistemi.....	46
Şekil 3.5. Si(Li) katıhal yarıiletken dedektörünün şematik gösterimi.....	47
Şekil 3.6. Si(Li) dedektörde $X$ -ışını dedeksiyon işlemi.....	48
Şekil 3.7. Deney geometrisi.....	52
Şekil 3.8. Deney geometrisinin üstten görünüşü. ....	53

<b>Şekil 3.9.</b> Deney geometrisinin yandan görünüşü. ....	53
<b>Şekil 3.10.</b> <sup>241</sup> Am radyoizotop kaynağın ışınma şeması .....	54
<b>Şekil 4.1.</b> $B=0$ $T$ için, $K X$ -ışını şiddet oranlarını hesaplamak için $I_0G\varepsilon$ değerleri. ....	60
<b>Şekil 4.3.</b> $B=1$ $T$ için, $K X$ -ışını şiddet oranlarını hesaplamak için $I_0G\varepsilon$ değerleri. ....	61
<b>Şekil 4.4.</b> $B=0$ $T$ için, Fe, Ni, $Fe_xNi_{1-x}$ alaşımları için elde edilen $K X$ -ışını spektrumları.....	62
<b>Şekil 4.5.</b> $B=0,5$ $T$ için, Fe, Ni, $Fe_xNi_{1-x}$ alaşımları için elde edilen $K X$ -ışını spektrumları.....	63
<b>Şekil 4.6.</b> $B=1$ $T$ için, Fe, Ni, $Fe_xNi_{1-x}$ alaşımları için elde edilen $K X$ -ışını spektrumları.....	64
<b>Şekil 4.7.</b> $B=0$ $T$ için, $Fe_xNi_{1-x}$ alaşımlarında Fe ve Ni için deneysel olarak elde edilen $K\beta/K\alpha$ $X$ -ışını şiddet oranlarının farklı elektron konfigürasyonları için elde edilmiş $MCDF$ hesaplamaları ile karşılaştırmalı olarak gösterimi.....	67
<b>Şekil 4.8.</b> $B=0,5$ $T$ için, $Fe_xNi_{1-x}$ alaşımlarında Fe ve Ni için deneysel olarak elde edilen $K\beta/K\alpha$ $X$ -ışını şiddet oranlarının farklı elektron konfigürasyonları için elde edilmiş $MCDF$ hesaplamaları ile karşılaştırmalı olarak gösterimi.....	68
<b>Şekil 4.9.</b> $B=1$ $T$ için, $Fe_xNi_{1-x}$ alaşımlarında Fe ve Ni için deneysel olarak elde edilen $K\beta/K\alpha$ $X$ -ışını şiddet oranlarının farklı elektron konfigürasyonları için elde edilmiş $MCDF$ hesaplamaları ile karşılaştırmalı olarak gösterimi.....	69
<b>Şekil 4.10.</b> $B=0$ $T$ için, $Fe_xNi_{1-x}$ alaşımlarında Fe ve Ni için $3d$ elektron sayılarının metallerin kendi konsantrasyonlarına bağlı değişimleri.....	73
<b>Şekil 4.11.</b> $B=0,5$ $T$ için, $Fe_xNi_{1-x}$ alaşımlarında Fe ve Ni için $3d$ elektron sayılarının metallerin kendi konsantrasyonlarına bağlı değişimleri.....	74
<b>Şekil 4.12.</b> $B=1$ $T$ için, $Fe_xNi_{1-x}$ alaşımlarında Fe ve Ni için $3d$ elektron sayılarının metallerin kendi konsantrasyonlarına bağlı değişimleri.....	75
<b>Şekil 4.13.</b> $B=0$ $T$ için, $Fe_xNi_{1-x}$ alaşımlarında Fe ve Ni'nin $3d$ elektron sayılarındaki değişimlerin (pür metaller ile kıyaslandığında) metallerin alaşımdaki kendi konsantrasyonlarına bağlı olarak gösterimi. ....	76

**Şekil 4.14.**  $B=0,5 T$  için,  $Fe_xNi_{1-x}$  alaşımlarında Fe ve Ni'nin  $3d$  elektron sayılarındaki değişimlerin (pür metaller ile kıyaslandığında) metallerin alaşımdaki kendi konsantrasyonlarına bağlı olarak gösterimi. ... 77

**Şekil 4.15.**  $B=1 T$  için,  $Fe_xNi_{1-x}$  alaşımlarında Fe ve Ni'nin  $3d$  elektron sayılarındaki değişimlerin (pür metaller ile kıyaslandığında) metallerin alaşımdaki kendi konsantrasyonlarına bağlı olarak gösterimi. .... 78

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<b>Çizelge 2.1.</b> Geçiş metallerinin artan atom numaralarına göre değişen değerlik sayılarının (oksidasyon sayılarının) gösterimi .....	15
<b>Çizelge 2.2.</b> Geçiş metallerinin kullanıldığı bazı alaşımların adları ve kullanıldıkları yerler. ....	23
<b>Çizelge 3.1.</b> Çalışmada kullanılan numunelerin özellikleri. ....	50
<b>Çizelge 4.1.</b> $B=0$ $T$ için, $Fe_xNi_{1-x}$ alaşımlarında $K_\beta/K_\alpha$ X-ışını şiddet oranları ( $N_{K_\beta}/N_{K_\alpha}$ düzeltilmemiş, $I_{K_\beta}/I_{K_\alpha}$ düzeltilmiş ve $R_{K_\beta}/R_{K_\alpha}$ alaşımlar için pür metallere göre normalize edilmiş şiddet oranları). ....	65
<b>Çizelge 4.2.</b> $B=0,5$ $T$ için, $Fe_xNi_{1-x}$ alaşımlarında $K_\beta/K_\alpha$ X-ışını şiddet oranları ( $N_{K_\beta}/N_{K_\alpha}$ düzeltilmemiş, $I_{K_\beta}/I_{K_\alpha}$ düzeltilmiş ve $R_{K_\beta}/R_{K_\alpha}$ alaşımlar için pür metallere göre normalize edilmiş şiddet oranları). ....	65
<b>Çizelge 4.3.</b> $B=1$ $T$ için, $Fe_xNi_{1-x}$ alaşımlarında $K_\beta/K_\alpha$ X-ışını şiddet oranları ( $N_{K_\beta}/N_{K_\alpha}$ düzeltilmemiş, $I_{K_\beta}/I_{K_\alpha}$ düzeltilmiş ve $R_{K_\beta}/R_{K_\alpha}$ alaşımlar için pür metallere göre normalize edilmiş şiddet oranları). ....	66
<b>Çizelge 4.4.</b> $B=0$ $T$ için, $Fe_xNi_{1-x}$ alaşımlarında $3d$ elektron sayıları ve rölatif değişimleri. ....	70
<b>Çizelge 4.5.</b> $B=0,5$ $T$ için, $Fe_xNi_{1-x}$ alaşımlarında $3d$ elektron sayıları ve rölatif değişimleri. ....	71
<b>Çizelge 4.6.</b> $B=1$ $T$ için, $Fe_xNi_{1-x}$ alaşımlarında $3d$ elektron sayıları ve rölatif değişimleri. ....	72

## 1. GİRİŞ

Geçiş metalleri ve geçiş metal alaşımları sahip oldukları çeşitli fiziksel özellikleri nedeniyle çok yaygın kullanım alanına sahiptirler. Örneğin; Geçiş metal alaşımları elektronik devrelerde ısı kontrolünde, manyetik kayıt ve hafıza cihazlarında, sensörlerde, dayanıklılık ve korozyona karşı yüksek mukavemetten dolayı yapı sanayide, düşük direnç ve yüksek geçirgenlik gibi özelliklerinden dolayı elektronik sanayide v.b. bir çok uygulama alanlarında kullanılmaktadırlar. Bu nedenle geçiş metallerinin ve alaşımlarının modern teknolojinin gelişmesindeki önemleri gün geçtikçe artmaktadır.

Geçiş elementleri (metalleri) ve geçiş metal alaşımları için yukarıda bahsettiğimiz özelliklerin yanısıra  $3d$  geçiş metallerinin son orbitallerindeki elektronlardan kaynaklanan özellikleri dolayısıyla teknolojik ve bilimsel açıdan çok önemlidir. Bu nedenden dolayı geçiş metallerinin ve alaşımlarının valens elektron yapılarının belirlenmesi fiziksel özelliklerinin anlaşılması için büyük önem taşır. Valens elektron yapılarını belirlemede kullanılan Compton profil analizleri ve *MCDF* hesaplamaları (Multi Configuration Dirac-Fock) gibi deneysel ve teorik yöntemler oldukça zahmetli olduğundan dolayı metalin valens elektron yapısı  $K\beta/K\alpha$  X-ışını şiddet oranı vasıtasıyla belirlenebilir. Yani  $K\beta/K\alpha$  X-ışını şiddet oranları  $3d$  geçiş metallerinin valens elektron yapılarını araştırmak için fiziksel bir parametre olarak kullanılabilir.  $3d$  geçiş metali bileşiklerinde ve alaşımlarında, bileşik veya alaşımı oluşturan metaller için belirlenecek  $K\beta/K\alpha$  X-ışını şiddet oranları ilgilenilen sistemlerde  $3d$  geçiş metallerinin valens elektron konfigürasyonlarının değişimi hakkında nicel bilgi sağlayabilir. Çünkü  $3d$  geçiş metallerinde valens elektron yapısında meydana gelen bir değişikliğe bağlı olarak  $K\beta/K\alpha$  X-ışını şiddet oranı da değişecektir.  $K\beta/K\alpha$  X-ışını şiddet oranlarının  $3d$  metallerinin valens elektron yapılarına kuvvetlice bağlı olduğu rapor edilmiştir (Polasik 1998). Valens elektronlarının yoğunluğunda oluşabilecek bir değişime; bağ çeşidine bağlı olarak, molekül veya kristalde bulunan komşu atomlardaki elektron yoğunluğunun artıp veya azalması sonucu oluşan kimyasal bağdaki değişim sebep

olabilir. Bağ çeşidinin yanısıra molekül yapının özel karakteristikleri olan komplekslik ve kristallikte valens elektron yoğunluğunu etkiler. Böylece tüm bu etkenler  $K X$ -ışını flöresans şiddet oranını etkiler. Bu nedenle  $3d$  alaşımını oluşturan metallerin konsantrasyonlarındaki küçük değişikliklerin valens elektron yapılarında değişikliğe yol açacağı açıktır. Dolayısıyla farklı konsantrasyonlarda  $3d$  geçiş metali içeren alaşımlar  $XRF$  ( $X$ -Ray Fluorescence) spektrometreleri ile incelendiğinde metallerin valens elektron yapılarında meydana gelen bir değişimin  $X$ -ışını spektrumları üzerinde değişikliğe neden olacağı açıktır. Buna göre  $XRF$  tekniği kullanılarak çok kolay belirlenebilen  $K\beta/K\alpha$   $X$ -ışını şiddet oranları hesaplanarak  $3d$  geçiş metallerinin valens elektron yapıları hakkında bilgi edinilebilir (Han 2009). Böylece  $3d$  alaşımlarının valens elektron yerleşimi tayini için  $K\beta/K\alpha$   $X$ -ışını şiddet oranlarına bağlı bir metodun veya formülizasyonun geliştirilmesi mümkün olabilir. Böyle basit bir metodun geliştirilmesi  $3d$  alaşımlarının kullanıldığı uygulamaların gelişmesine ve çeşitlenmesine fırsat tanınmasının yanısıra iş ve zaman kazancıda sağlayacaktır. Verilen bilgiler ışığında geçiş metalleri ve alaşımları için  $X$ -ışını şiddet oranlarına bağlı bir metod geliştirildiği takdirde her uygulama alanının amacına uygun yeni alaşımlar üretmek ve alaşımları kullanım amaçlarına göre verimli bir şekilde sınıflandırmak çok daha kolay olacaktır. Bütün bunlar göz önüne alındığında geçiş metal alaşımlarının valens elektron yapılarının belirlenmesi ve bu işlevi yapacak  $X$ -ışını flöresans şiddet oranı tekniğine dayalı basit ama kullanışlı bir metodun geliştirilmesi büyük önem taşır.

$3d$  geçiş elementlerinin ve geçiş metal alaşımlarının elektronik yapıları ile ilgili bazı araştırmalar yapılmasına karşın literatürde bu elementlerinin tümünün valens elektron yapısını anlamak için yapılmış detaylı ve sistematik bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bunun için geçiş metallerinden yapılmış bileşik ve alaşımların kullanıldığı çeşitli uygulamalarda bunların valens elektron yapılarının bilinmesi gerekmektedir.  $3d$  geçiş metallerinde valens elektron yapısını belirlemek,  $X$ -ışını flöresans şiddet oranları üzerine alaşımın etkisi araştırmak, çeşitli  $3d$  geçiş elementlerinin ve alaşımlarının flöresans parametrelerini belirlemek, K-tabakası ve L-tabakası şiddet oranları ile valens elektron konfigürasyonundaki değişimi belirlemek ve bazı alaşımların neden diğer alaşımlardan farklı davranış sergilediğini  $XRF$  tekniğini kullanarak belirlemek gibi



amaçlarla yapılmış olan deneysel araştırma ve teorik hesaplama çalışmalarından araştırmamız sırasında inceleme fırsatı bulduklarımızdan bazıları aşağıda verilmiştir.

Papaconstantopoulos (1986) "Handbook of band structure of elemental solids" adlı kitabında *APW* bant yapı hesaplaması (Augmented Plane-Wave Band Structure Calculation) adlı yöntemle geçiş metalleri için valens elektron yapılarını teorik olarak belirlemiştir. Pal and Padhi (1992, 1993)  $Ti_xNi_{1-x}$  ve  $Cr_xNi_{1-x}$  alaşımlarının magnetizasyon ve Compton profil analizlerini yapmışlar ve bu çalışmalar ışığında Ti ile Cr metalleri Ni ile alaşım yapıldığında bu metaller arasında elektron transferi yada kendi içerilerinde elektronların yeniden düzenlenmelerinin meydana geldiğini belirtmişlerdir.

Bhuniya and Padhi (1992, 1993) Ti, Cr ve Ni'nin  $K\beta/K\alpha$  X-ışını şiddet oranlarını  $Ti_xNi_{1-x}$  ( $x=1,0; 0,74; 0,55; 0,35; 0,0$ ) ve  $Cr_xNi_{1-x}$  ( $x=1,0; 0,58; 0,20; 0,0$ ) alaşımlarında 59,54 keV  $\gamma$ -ışınlarını ve 4,07 MeV proton iyonlarını kullanarak belirlediler.  $Cr_{0,20}Ni_{0,80}$  alaşımında Cr'nin  $K\beta/K\alpha$  X-ışını şiddet oranında saf halindeki değerine kıyasla yaklaşık %18 oranında bir artış buldular. Benzer durum  $Ti_xNi_{1-x}$  alaşımında da görülmüştür.  $Ti_{0,35}Ni_{0,65}$  alaşımında Ti'nin  $K\beta/K\alpha$  X-ışını şiddet oranı saf halindeki değerinden daha büyük olarak elde edilmiştir. Diğer tüm konsantrasyonlarda her iki alaşımda da Ti ve Cr için  $K\beta/K\alpha$  X-ışını şiddet oranları saf hallerindeki değerler ile uyumludur. İlgili alaşımlarda Cr ve Ti'nin  $K\beta/K\alpha$  X-ışını şiddet oranlarında görülen artışın sırası ile Cr'den Ni'ye ve Ti'den Ni'ye 3d elektronlarının transferi dolayısıyla olduğunu belirtmişlerdir. Bhuniya and Padhi yaptıkları bu çalışmalardan hareketle  $K\beta/K\alpha$  X-ışını şiddet oranlarının alaşımlarda elektron transferi veya yeniden düzenlenmesi gibi fenomenleri çalışmak için duyarlı bir araç olarak kullanılabileceğini göstermişlerdir.

Inoue *et al.* (1994) Alaşım dizaynları için yararlı bir bilgi elde etmek amacıyla Nb ve Mo temelli alaşımların elektronik yapıları üzerine alaşım etkisini  $DV-X_\alpha$  (Discrete Variational  $X_\alpha$ ) kesikli değişim moleküler orbital metodunu kullanarak araştırmışlardır.

Ölçüm değerlerine ait haritalar oluşturularak haritalardaki yerlere göre sınıflandırma yapmışlar ve Ti, V, Cr, Fe ve Zr gibi diğer *BCC* (Cisim merkezli kübik yapı) yapılarla karşılaştırdıklarında Nb ve Mo'nun farklılık gösterdiğini bulmuşlardır. Çalışma sonucunda yüksek sıcaklık uygulamalarında ısıya dayanıklı metal temelli alaşımların dizaynının mümkün olabileceğini söylemişlerdir.

Polasik (1998) *3d* geçiş metallere  $K\beta/K\alpha$  X-ışını şiddet oranlarının valens elektron konfigürasyonuna bağlılığını güvenilir olarak açıklamak için geçiş etkileşmelerini ve kuantum elektrodinamik düzeltmelerini içeren çok geniş *MCDF* hesaplamaları yapmıştır. Polasik (1998), incelediği tüm atomlarda  $3d^{m-2}4s^2$  konfigürasyon tipi için  $K\beta/K\alpha$  X-ışını şiddet oranlarını;  $3d^{m-1}4s^1$  için olan orandan daha büyük,  $3d^m$  tipi için ise daha da küçük olarak elde etmiştir. Her bir elektron konfigürasyon tipi için  $K\beta/K\alpha$  X-ışını şiddet oranlarının atom numarası ile açıkça arttığı ve  $K\beta/K\alpha$  X-ışını şiddet oranlarının valens elektron konfigürasyonundaki değişime çok duyarlı olduğu bulunmuştur.

Raj *et al.* (1998) Çeşitli Si bileşiklerinde ( $Ni_2Si$ ,  $NiSi$ ,  $Ni_2Si_3$ ,  $NiSi_2$ ,  $Cu_2Si$ ,  $CuSi$ , ve  $CuSi_2$ ) Ni ve Cu'nun  $K\beta/K\alpha$  X-ışını şiddet oranlarını ölçtüler ve Ni için şiddet oranlarının *MCDF* hesaplamalarıyla kıyaslanmasından hareketle Si konsantrasyonunun artışıyla *3d* elektron popülasyonunun azaldığını belirttiler. Raj *et al.* (1998) Ti, V, Cr ve Fe'nin  $K\beta/K\alpha$  X-ışını şiddet oranlarını saf metallerde, TiC, VC, CrB,  $CrB_2$  ve FeB bileşiklerinde 200 mCi  $^{241}Am$  nokta kaynaktan yayımlanan 59,54 keV  $\gamma$ -ışınlarını uyarıcı olarak kullanarak ölçtüler. Bu çalışmada elde edilen  $K\beta/K\alpha$  X-ışını şiddet oranlarının *MCDF* hesaplamaları ile kıyaslaması TiC'deki Ti ve CrB ile  $CrB_2$ 'deki Cr'nin *3d* elektron popülasyonunun saf metallerdeki değerlerinden önemli miktarda farklı olduğunu gösterdiler. VC'deki V ve FeB'deki Fe'nin *3d* elektron konfigürasyonunda ise herhangi bir değişim gözlenmemiştir.

Raj *et al.* (1999) 200 mCi  $^{241}Am$  nokta kaynaktan yayımlanan 59,54 keV' lik  $\gamma$ -ışınları ile numunelerini uyararak saf metallerdeki ve onların disilid bileşiklerinde Ti, V, Cr ve

Co'nun  $K\beta/K\alpha$  şiddet oranlarını hesaplamışlar. Disilisid bileşiklerindeki bu metallerin tamamının  $K\beta/K\alpha$  şiddet oranlarının saf metaller için elde edilen  $K\beta/K\alpha$  şiddet oranları değerlerinden daha az olduğunu bulmuşlar. Saf metaller ve disilisidler için ölçülen  $K\beta/K\alpha$  şiddet oranları *MCDF* hesaplamalarıyla karşılaştırıldığında saf metal değerlerine göre disilisidlerdeki Ti, V, Cr ve Co'nun 3*d*-elektron popülasyonlarının arttığını ve bu artışın özgün metal atomlarının 3*d* ve 4*s* durumları arasında elektronların yeniden düzenlenmesi ile olduğunu önermişler ve bu yeniden düzenlenmelerin NiSi<sub>2</sub> ve CuSi<sub>2</sub> üzerinde önceden yaptıkları çalışmada gözlemlediklerinin tam zıttı olduğunu belirtmişlerdir.

Raj *et al.* (2000) Fe<sub>x</sub>Ni<sub>1-x</sub> ( $x = 0,20; 0,50; 0,58$ ) alaşımlarının farklı bileşimlerinde ve saf metallerde Fe ve Ni'nin  $K\beta/K\alpha$  X-ışını şiddet oranlarını <sup>241</sup>Am nokta kaynaktan yayımlanan 59,54 keV' lik  $\gamma$ -ışınları uyarımı ile ölçmüşler ve belirli alaşım bileşikleri için Fe ve Ni'nin  $K\beta/K\alpha$  X-ışını şiddet oranlarının saf metallere göre oldukça farklı olduğunu gözlemlemişlerdir. Fe ve Ni'nin 3*d* elektron konfigürasyonunu *MCDF* hesaplamalarının sonuçlarıyla ölçülen  $K\beta/K\alpha$  X-ışını şiddet oranlarını karşılaştırarak tahmin etmişlerdir. Katı Fe ve Ni'nin 3*d* elektron popülasyonları için elde ettikleri sonuçlarının daha önceki bant yapı hesaplamalarının sonuçlarıyla çok uygun olduğunu belirtmişlerdir. Fe ve Ni'nin 3*d* elektron popülasyonunda alaşımlarda önemli ölçüde değişiklik gösterdiğini belirli alaşımlar için gözlemlemişler ve bu değişimler özgün metal atomlarının 3*d* ve (4*s*, 4*p*) valens bant yapıları arasında elektronların yeniden düzenlenmesi varsayılarak açıklanabilmiştir. Ni'nin 3*d* elektron popülasyonundaki değişimin Fe<sub>0,2</sub>Ni<sub>0,8</sub> alaşımında çok fazla olduğu ve diğer iki alaşımdan farklı özellikler gösterdiği belirtilmiştir. Fe<sub>0,2</sub>Ni<sub>0,8</sub> alaşımının valens elektron yapısındaki bu farklılığın alaşımın özel manyetik özelliklerinden kaynaklandığı belirtilmiştir.

Raj *et al.* (2001) <sup>241</sup>Am radyoizotop nokta kaynaktan yayımlanan 59,54 keV' lik  $\gamma$ -ışınları ile numunelerini uyararak Mn, MnO<sub>2</sub>, LaMnO<sub>3</sub> ve La<sub>0,7</sub>B<sub>0,3</sub>MnO<sub>3</sub> (B= Ca, Sr ve Ce) sistemlerinde Mn'nin K X-ışını şiddet oranlarını hesaplayarak bileşiklerde elde edilen sonuçların saf Mn'nin sonuçlarından önemli ölçüde saptığını belirtmişlerdir.

MnO<sub>2</sub> ve LaMnO<sub>3</sub>'ün sonuçlarının iyonik modelin tahminlerinden oldukça saptığını vurgulamışlar ve La<sub>0,7</sub>Ca<sub>0,3</sub>MnO<sub>3</sub>'deki Mn'nin  $K\beta/K\alpha$  X-ışını şiddet oranının Tyson *et al.* tarafından yapılan son önerinin aksine diğer üyelere göre Mn'nin  $K\beta/K\alpha$  şiddet oranının bir lineer süperpozisyon olarak açıklanamayacağını belirtmişlerdir.

Liu *et al.* (2001) LiM<sub>x</sub>Mn<sub>2-x</sub>O<sub>4</sub> (M= Ti, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu ve Zn) yapısının elektronik yapısı üzerine alaşım etkisini  $DV-X_\alpha$  moleküler orbital metodunu kullanarak M alaşım elementlerinin eklenmesiyle oluşan yeni M-3d bant yapısı saf LiMn<sub>2</sub>O<sub>4</sub> yapısındaki ile karşılaştırılmıştır.

Pawłowski *et al.* (2002) Cr<sub>0,26</sub>Fe<sub>0,74</sub>, Cr<sub>0,8</sub>Co<sub>0,2</sub>, Ti<sub>0,8</sub>Cr<sub>0,2</sub> alaşımlarında ve saf metallerdeki Co, Fe, Cr ve Ti'nin  $K\beta/K\alpha$  X-ışını şiddet oranlarını, numunelerini <sup>241</sup>Am radyoizotop nokta kaynaktan yayımlanan 59,54 keV'lik  $\gamma$ -ışınları ile uyarak hesaplamışlardır. Numunelerdeki Ti, Cr, Fe ve Co'nun valens elektron yapısını, bu metallerin çeşitli elektronik yapıları için belirlenmiş *MCDF* hesaplarının sonuçları ile belirlenen  $K\beta/K\alpha$  şiddet oranlarını karşılaştırarak değerlendirmişlerdir ve Ti, Cr, Fe ve Co saf metalleri için elde edilen 3d-elektron popülasyonlarının Papaconstantopoulos (1986)'un bant yapısı hesaplama sonuçları ile iyi bir uyum içinde olduğunu belirtmişlerdir. Analizlerinde saf metallere göre alaşımlarda Ti, Cr ve Fe'nin 3d-elektron popülasyonunun önemli ölçüde arttığını ve Cr<sub>0,26</sub>Fe<sub>0,74</sub> alaşımında Cr'nin 3d-elektron popülasyonunun saf Cr'ye göre bir miktar düşük olduğunu bulmuşlardır. Alaşımlarda Ti, Cr, Fe ve Co'nun valens elektron yapılarındaki gözlemlenen değişiklikleri uygun bir şekilde açıklayabilmek için özgün metal atomlarının 3d ve (4s, 4p) durumları arasında elektronların yeniden düzenlenmesini hesaba katmak gerektiğini oysaki bir elementten diğer elemente 3d elektronlarının geçişinin göz ardı edilebileceğini belirtmişlerdir.

Basa *et al.* (2002) Fe<sub>x</sub>Ni<sub>1-x</sub> alaşımlarında Fe ve Ni elementlerinin valens elektron yapısı üzerine yaptıkları çalışmada <sup>241</sup>Am radyoizotop nokta kaynaktan yayımlanan 59,54 keV'lik  $\gamma$ -ışınlarını uyarda kullanarak benzer kristal yapılarıdaki Fe<sub>x</sub>Ni<sub>1-x</sub> (x=0,20;

0,50 ve 0,58) alaşımlarında ve saf metallerdeki Fe ve Ni'nin  $K\beta/K\alpha$  X-ışını şiddet oranlarını hesaplamışlar ve bu hesaplama sonuçlarını  $Fe_{0,2}Ni_{0,8}$  alaşımının özelliğinin diğer alaşım bileşiklerinden niçin farklı olduğunu belirlemek için kullanmışlardır. lüm sonuçlarında  $Fe_{0,2}Ni_{0,8}$  alaşımının valens elektron yapısının diğer alaşımlardan farklı olduğunu ve onun manyetik özelliklerinin bu farklılıktan dolayı olabileceğini vurgulamışlardır.

Raj *et al.* (2002) Ti den Cu'ya kadar tüm  $3d$  geçiş metalleri için  $K\beta/K\alpha$  X-ışını şiddet oranlarını hesaplamışlar ve bu metallerin valens elektron yapılarını hesaplanan  $K\beta/K\alpha$  X-ışını şiddet oranlarını *MCDF* hesaplamalarının sonuçlarıyla karşılaştırarak belirlemişlerdir. V, Cr ve Mn hariç tüm metalleri için deneysel olarak belirlenen valens elektron yapıları *APW* bant yapı hesaplarının sonuçları ile iyi bir uyum içerisinde olduğu tespit edilmiştir. V ve Mn'nin valens elektron yapıları için elde edilen sonuçlar serbest atom değerlerine daha yakın olduğu bulunmuş oysaki Cr'nin valens elektron yapısı, Compton-profil analizleri ile tahmin edilen valens elektron yapısı ile *APW* bant yapı hesapları ile verilen valens elektron yapısı arasında olduğunu bulmuşlardır. V, Mn ve Cu'nun  $3d$  ve ( $4s, 4p$ ) elektron yapıları serbest atom elektron yapıları ile aynıdır. Fakat diğer metalleri için metalin  $3d$  ve ( $4s, 4p$ ) yapıları arasında elektronların yeniden düzenlenmeleri Cr için  $3d$  den ( $4s, 4p$ ) yapısına elektron geçişi ile ve Ti, Fe, Co ve Ni için ( $4s, 4p$ ) den  $3d$  durumuna elektron geçişi ile olduğunu belirtmişlerdir.

Shcherba *et al.* (2003)  $CeM_2P_2$  (M=Fe, Co, Ni) bileşiklerinin valens durumunu ve elektron yapılarını belirlemek amacıyla X-ışını fotoelektron, emisyon ve absorbsiyon spektrometrelerini kullanarak  $CeGa_2Al_2$  yapısındaki kristalize bileşiklerin valens durumunu ve elektron yapısını çalışmışlardır.  $CeM_2P_2$  (M=Fe, Co, Ni) bileşiklerindeki P ve M elementlerinin X-ışını emisyon spektrumlarını yarı-kararlı *LMTO* metodu kullanılarak kısmi ve toplam elektron durum yoğunluğunu belirlemişler ve  $CeM_2P_2$  bileşiklerinde bileşenlerin farklı bantlarında elektronların etkin doluluk sayılarını hesaplamışlardır.

Kalayci *et al.* (2005) *EDXRF* (Energy Dispersive X-Ray Fluorescence) spektrometresini kullanarak Ni-Si alaşım sistemlerinde Ni'nin K-tabakası flöresans verimi ( $\omega_K$ ) üzerine alaşım etkisini çalışmışlar ve  $\omega_K$ 'nın, saf Ni'den Ni<sub>2</sub>Si'e doğru arttığını ve Ni<sub>2</sub>Si'den NiSi'e doğru azaldığını gözlemlenmişlerdir. Bu sonuçlar Ni yapılarının *d*-işlem sayısının bir terimi olarak tartışılmış ve *p-d* hibridizasyonunun bir sonucu olarak elektron konfigürasyonunun Ni-Si alaşımlarında  $\omega_K$  nin gözlemlenen değişimlerini nitel bir şekilde açıkladığını belirtmişlerdir.

Kalayci *et al.* (2007) *EDXRF* tekniği kullanılarak Ni<sub>3</sub>Si, Ni<sub>2</sub>Si ve NiSi bileşiklerindeki Ni'nin  $K\beta/K\alpha$  X-ışını şiddet oranını belirlediler. Ni elementinin şiddet oranlarının saf Ni'den Ni<sub>2</sub>Si'e doğru azaldığını ve Ni<sub>2</sub>Si'den NiSi'e doğru arttığını gözlemlenmişler ve bu sonuçların literatürdeki elektron yapı hesaplamaları ile iyi uyum içerisinde olduğunu belirtmişlerdir. Bunun yanında lineer muffin-tin orbital metodu vasıtasıyla çeşitli atomik konfigürasyonlarda saf Ni'nin bant yapı hesaplarını yapmışlar ve Ni-Si alaşımlarında Ni'nin *3d*-işlem sayılarını tahmin etmek için literatürde var olan normalize edilmiş teorik şiddet etkileri ile datalarını kullanmışlardır. Geçiş metal alaşımlarında teorik ve deneysellik arasında nicel ve güvenilir bir karşılaştırma yapmak için X-ışını şiddet oranına alaşım etkisinin araştırılmasını stoichiometric alaşımlar için başarılıbildiğini bulmuşlardır.

Polasik *et al.* (2009) Mo geçiş metalinin L X-ışını spektral yapısına valens elektron konfigürasyonundaki değişimin etkisini araştırmışlar. Bu çalışmada iki farklı konfigürasyon tipine ait (üç açık-kabuk  $4d^{6-r}5s^r$  ( $r = 2, 1, 0$ ) konfigürasyonları ve bir kapalı-kabuk  $4d_{3/2}^4 5s^2$  konfigürasyonu) valens elektron konfigürasyonundaki değişim üzerine  $L\alpha_{1,2}$  ve  $L\beta_1$  çizgilerinin yapısına bağımlılığını açıklamak için Mo'nun yaygın *MCDF* hesapları yapılmıştır. Mo metalinin L X-ışını spektral yapısı üzerine valens elektron konfigürasyonundaki değişimin etkisinin fark edilebilir derecede olduğu bulunmuş ve L X-ışını spektral çalışmalarının valens elektron konfigürasyon değişimleri üzerine yapılacak çalışmalar için çok iyi bir metot olabileceğini söylemişlerdir.

Aylıkci *et al.* (2009) CoCuAg alaşım filmlerinde Co ve Cu'nun  $X$ -ışını flöresans parametreleri üzerine alaşım etkisini incelemişlerdir. Bu çalışmada farklı alaşım bileşiklerinde ve saf metallerdeki Ag'nin  $K\beta/K\alpha$   $X$ -ışını şiddet oranlarını,  $\sigma_{K\alpha}$  ve  $\sigma_{K\beta}$  tesir kesitlerini, Co ve Cu'nun  $\omega_K$  (flöresans verim) değerini,  $L\beta/L\alpha$   $X$ -ışını şiddet oranlarını ve  $\omega_L$  ortalama flöresans verimini belirlemişlerdir. Bu çalışmanın sonucunda Co ve Cu'nun  $\sigma_{K\beta}$  tesir kesitlerine alaşım etkisinin araştırılması ile meydana gelen değişimin  $3d$  elementleri (Co ve Cu) ve Ag arasındaki yük geçiş işlemi ve valens elektron yapısının yeniden düzenlenmesine göre olduğu belirtilmiştir.

Aylıkci *et al.* (2010)  $Zn_xCo_{1-x}$  alaşımlarında Zn ve Co'nun K tabakası  $X$ -ışını flöresans parametreleri üzerine alaşımın etkisini farklı alaşım bileşiklerinde Co ve Zn'nin  $\sigma_{K\alpha,\beta}$  tesir kesitlerini,  $\omega_K$  değerini,  $K\beta/K\alpha$  şiddet oranını,  $KLM/K\alpha$  şiddet oranını,  $KMM/K\beta$  şiddet oranını hesaplamışlardır. Ölçülen bu parametrelerdeki değişimin alaşımı oluşturan  $3d$  geçiş elementleri arasındaki yük transfer işlemi ve valens elektronlarının yeniden düzenlenmesinin bir sonucu olarak yorumlamışlardır.

Aylıkci *et al.* (2010) rnek süper alaşımlar ve saf metaller içerisinde Mo'nun  $\sigma_{K\alpha}$ ,  $\sigma_{K\beta 1,2}$  tesir kesitlerini,  $K\beta_{1,3}/K\alpha$ ,  $K\beta_{2,4}/K\alpha$ ,  $K\beta_{2,4}/K\beta_{1,3}$ ,  $KLM/K\alpha$  ve  $KMM/K\beta$  RAE (Radiative Auger Effects) şiddet oranlarını ve Ni'nin  $\sigma_{K\alpha,\beta}$  tesir kesitini,  $K\beta/K\alpha$ ,  $KLM/K\alpha$ ,  $KMM/K\beta$  RAE şiddet oranlarını kullanarak belirlemişlerdir. Elde edilen sonuçlardan Ni ve Mo'nun flöresans parametreleri üzerine alaşımın etkisini, korozyon davranışları ve faz yapılarını araştırmışlardır. Sonuçta süper alaşımlardaki Ni ve Mo'nun  $X$ -ışını flöresans parametrelerinin saf metallere göre kayda değer ölçüde farklılıklar gösterdiğini ve bu farklılıkların süper alaşımlarda yük transfer olayına ve valens elektronlarının yeniden düzenlenmesine yol açacağını belirtmişlerdir.

Han and Demir (2010)  $^{109}Cd$  radyoaktif nokta kaynaktan yayımlanan 22,69 keV'lik  $X$ -ışınları ile numunelerini uyararak  $Ti_xNi_{1-x}$  ( $x = 0,7; 0,6; 0,5; 0,4$  ve  $0,3$ ) alaşımlarında ve saf metallerde Ti ve Ni'nin  $K\beta/K\alpha$   $X$ -ışını şiddet oranlarını belirlediler. Bu

metallerin valens elektron konfigürasyonlarını belirlenen  $K\beta/K\alpha$  X-ışını şiddet oranlarını *MCDF* hesaplama sonuçlarıyla karşılaştırarak, alaşımlardaki  $3d$  geçiş metallere göre önemli ölçüde farklılıklar gösterdiğini belirtmişlerdir. Bu farklılıkların alaşımlardaki yük transfer fenomeni ve/veya elektronların yeniden düzenlenmesinden dolayı ortaya çıktığını ileri sürmüşler ve alaşımlardaki metallerin valens elektron konfigürasyonlarındaki değişikliğin bir elementten diğerine  $3d$  elektronlarının geçişi ile ve/veya özgün metal atomlarının  $3d$  ve ( $4s$ ,  $4p$ ) durumları arasında elektronların yeniden düzenlenmesi ile açıklanabileceğini belirtmişlerdir.

Han and Demir (2010)  $Ti_xCo_{1-x}$  ( $x=0,7$ ;  $0,6$ ;  $0,5$ ;  $0,4$  ve  $0,3$ ) alaşımlarında ve saf metallerde Ti ve Co'nun  $K\beta/K\alpha$  X-ışını şiddet oranlarını *EDXRF* tekniğini kullanarak  $Ti_xCo_{1-x}$  alaşımlarında elektronların yeniden düzenlenme ve yük transfer fenomenlerini belirlemek için yaptıkları çalışmada numunelerdeki Ti ve Co'nun valens elektron yapısını hesapladıkları  $K\beta/K\alpha$  X-ışını şiddet oranlarını *MCDF* hesaplama sonuçlarıyla karşılaştırarak değerlendirmişlerdir. Farklı alaşım bileşimlerinde Ti ve Co'nun  $3d$  elektron popülasyonunun saf metallerde göre önemli ölçüde değişiklik gösterdiğini gözlemlemişlerdir. Bu değişikliklerin özgün metal atomlarının  $3d$  ve ( $4s$ ,  $4p$ ) durumları arasında elektronların yeniden düzenlenmesi ve/veya bir elementten diğerine  $3d$  elektronlarının transferi ile olabileceğini açıklamışlardır.

Han and Demir (2010)  $3d$  geçiş metallere  $K\beta/K\alpha$  X-ışını şiddet oranları üzerine tavlama ısısının etkisini çeşitli alaşım bileşimleri için X-ışını floresans çalışmaları ile belirlediler. Farklı sıcaklıklarda tavllanmış ve tavlansız  $Fe_xNi_{1-x}$ ,  $Ti_xNi_{1-x}$  ve  $Co_xCu_{1-x}$  alaşımlarındaki Fe, Ni, Ti, Co ve Cu'nun  $K\beta/K\alpha$  X-ışını şiddet oranlarını  $10\text{ mCi }^{109}\text{Cd}$  radyoaktif nokta kaynaktan yayımlanan  $22,69\text{ keV}$ 'lik X-ışınlarının uyarımı ile belirlemişlerdir. Tavllanmış ve tavlansız numuneler için belirlenen farklı alaşımlardaki  $3d$  geçiş metallere  $K\beta/K\alpha$  X-ışını şiddet oranlarında tavlama işlemi sonrası sapmalar gözlemlemişlerdir. Tavlama işleminin  $3d$  geçiş metal alaşımlarındaki  $K\beta/K\alpha$  X-ışını şiddet oranlarını önemli ölçüde değiştirdiğini



belirtmişlerdir. Tavlama olayı tarafından meydana gelen bu değişikliklerin alaşımın fiziksel özelliğini güçlü bir şekilde etkilediğini ve  $3d$  geçiş metal alaşımlarının elektrik, manyetik ve diğer özelliklerinin ısı işlem uygulaması ile kontrol edilebileceğini belirtmişlerdir.

Han and Demir (2010)  $\text{Co}_x\text{Cu}_{1-x}$  ( $x= 0,8; 0,7; 0,6; 0,5; 0,4; 0,3$  ve  $0,2$ ) alaşımlarında ve saf metallerde Cu ve Co'nun  $K\beta/K\alpha$  X-ışını şiddet oranlarını numunelerini  $^{109}\text{Cd}$  radyoaktif nokta kaynaktan yayımlanan  $22,69$  keV'lik X-ışınlarının uyarımı ile belirlemişlerdir. Bu metallerin valens elektron konfigürasyonu belirlenen  $K\beta/K\alpha$  X-ışını şiddet oranlarını *MCDF* hesaplama sonuçlarıyla karşılaştırarak değerlendirmişler ve alaşımlardaki Cu ve Co'nun valens elektron konfigürasyonunun saf metallere göre önemli ölçüde değişiklik gösterdiğini belirtmişlerdir. Bu değişikliklerin özgün metal atomlarının  $3d$  ve ( $4s, 4p$ ) durumları arasında elektronların yeniden düzenlenmesi ve/veya bir elementten diğerine  $3d$  elektronlarının transferi ile olduğunu açıklamışlardır.

Maddelerin gösterdiği manyetik özellikler tamamen maddeyi oluşturan atomların elektron düzenlerine bağlıdır. Bu nedenle farklı maddelerin manyetik özellikleride farklı olduğundan dolayı değişik elementlerin ve bu elementlerin farklı konsantrasyonlarda biraraya gelmesiyle oluşan alaşımların manyetik özellikleride farklı olacaktır. Ancak bunların her birinin davranışı tamamen karakteristik de (kendine özgü) değildir. Bunun için maddeler manyetik özelliklerine göre diyamanyetik, paramanyetik, ferromanyetik v.b. gibi sınıflandırılırlar. Buna göre farklı manyetik sınıflara ait farklı malzemeler bir manyetik alan içine konulduğunda manyetik momentlerinden dolayı manyetik alanla farklı etkileşimde bulunacaktır ve bu farklı etkileşim bazı atomik parametrelerin değişmesine sebep olacaktır. Şahin and Kurucu (2005), atomik ışımanın atomdaki elektrik yüklerinin titreşim veya geçiş hareketinden kaynaklanmasından dolayı ışıyan atomun manyetik veya elektrik alanda bulunması halinde yörüngenin şekli, yayımlanan foton enerjileri, spektral çizgi genişlikleri, geçiş hızları ve seviye ömürleri gibi bazı atomik parametrelerde değişikliklerin mümkün olabileceğini söylemişlerdir. Bundan dolayı atomun manyetik alan içerisinde yaptığı karakteristik X-ışını floresans şiddet oranı değişebilir.

Şahin and Demir (2005), bir dış manyetik alanın  $X$ -ışınlarının açısal dağılımına etkisini belirlemek için  $110^\circ$  ve  $125^\circ$  lik saçılma açılarında atom numarası  $60 \leq Z \leq 92$  aralığında olan 13 elementi (Nd, Gd, Dy, Ho, Ta, W, Au, Hg, Tl, Pb, Bi, Th ve U)  $^{241}\text{Am}$  radyoizotop kaynaktan yayımlanan  $59,5 \text{ keV}$ 'lik  $\gamma$ -ışınları ile uyararak K ve L tabakası şiddet oranlarını  $\pm 7500$ ,  $\pm 6000$ ,  $\pm 4500$ ,  $\pm 3000$ ,  $\pm 1500$  Gauss'luk manyetik alan şiddetlerinde *EDXRF* tekniği ile deneysel olarak belirleyerek, anizotropi parametresinin dış alan şiddetine bağımlılığını araştırmış ve  $X$ -ışını enerji tepelerinde meydana gelen değişimleri ve kaymaları incelemiştir.

Kurucu and Porikli (2011), bazı Cr bileşiklerinin çizgi şekilleri ve  $X$ -ışını  $K\beta/K\alpha$  şiddet oranları üzerine bir dış manyetik alanın etkisini ve kimyasal yapı etkilerini belirlemek üzere numunelerini manyetik alanın  $B = 0 \text{ T}$ ,  $B = 0,6 \text{ T}$ ,  $B = 1,2 \text{ T}$  olduğu şiddetlerde  $^{109}\text{Cd}$  noktasal kaynaktan yayımlanan  $22,69 \text{ keV}$ 'lik  $X$ -ışınları ile uyararak ölçümlerini enerji ayırmalı Si(Li) yarıiletken dedektör kullanarak almışlardır.  $B = 0,6 \text{ T}$  ve  $B = 1,2 \text{ T}$  şiddetlerindeki manyetik alanda alınan ölçümler  $B = 0 \text{ T}$  için alınan deneysel değerler ve teorik değerler ile karşılaştırılmış ve manyetik alanın artan değerleri ile birlikte  $X$ -ışını  $K\beta/K\alpha$  şiddet oranı değerlerinde sistematik azalmalar olduğunu ve çizgi şekillerinde de değişimler olduğunu gözlemlemiştir.

Bu çalışmada, geçiş metal alaşımlarının K tabakası  $X$ -ışını floresans şiddet oranları vasıtasıyla dış manyetik alanın alaşımların valens elektron yapısına etkisinin olup olmadığına, eğer bir dış manyetik alan alaşımların valens elektron yapısını etkiliyorsa bu etkinin nasıl olduğunu ve artan manyetik alanın bu etkiyi nasıl değiştirdiğini belirlemek amacıyla;  $\text{Fe}_x\text{Ni}_{1-x}$  geçiş metal alaşımları ve saf Fe ve saf Ni geçiş metalleri dış manyetik alanın  $B=0 \text{ T}$ ,  $B=0,5 \text{ T}$ ,  $B=1 \text{ T}$  şiddetlerinde aynı deney geometrisinde  $^{241}\text{Am}$  radyoizotop kaynaktan yayımlanan  $59,54 \text{ keV}$ 'lik  $\gamma$ -ışınları ile uyarılarak *EDXRF* sisteminde Si(Li) yarıiletken dedektör vasıtasıyla elde edilen veriler hesaplanarak her bir numune için  $K\beta/K\alpha$  şiddet oranları araştırılmış ve şiddet oranlarının değişimleri referans alınarak valens elektron yapıları araştırılmıştır.

## 2. KURAMSAL TEMELLER

### 2.1. Geçiş Metallerinin Özellikleri

Geçiş elementleri (metalleri) periyodik tablonun *d*-bloğu olarak adlandırılan bölgesinde bulunurlar (Şekil 2.1). Geçiş elementleri (metalleri) periyodik tabloda *II A* grubu ile *III A* grubu arasında kalan ve on alt grup oluşturan elementlerdir. Geçiş elementlerinin hepsi *d*-orbitalinde elektron taşırlar. Geçiş metalleri en dıştaki bu *d* orbitali elektronlarından kaynaklanan çok çeşitli fiziksel özelliklere sahiptirler. Geçiş metalleri; sertlikleri, yüksek yoğunlukları, iyi ısı iletkenlikleri ve yüksek erime-kaynama sıcaklıkları gibi bazı karakteristik özellikleri ile periyodik tablodaki diğer elementlerden ayrılırlar. 4. periyot geçiş elementleri;  $[Ar]3d^n4s^2$ , ağır geçiş metalleri olarak da adlandırılan 5. ve 6. periyot geçiş metalleri ise sırasıyla  $[Kr]4d^n5s^2$  ve  $[Xe]4f^{14}5d^n6s^2$  şeklinde bir elektron dizilişine sahiptirler.

Periyot	1A (1)	Geçiş Elementleri										3A (13)	4A (14)	5A (15)	6A (16)	7A (17)	8A (18)
	2A (2)	d-bloğu															
		3B (3)	4B (4)	5B (5)	6B (6)	7B (7)	8B (8) (9) (10)			1B (11)	2B (12)						
4		21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn						
5		39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd						
6		57 La	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg						
7		89 Ac	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110	111	112						

İç Geçiş Elementleri													
58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr

Şekil 2.1. Periyodik tablo.

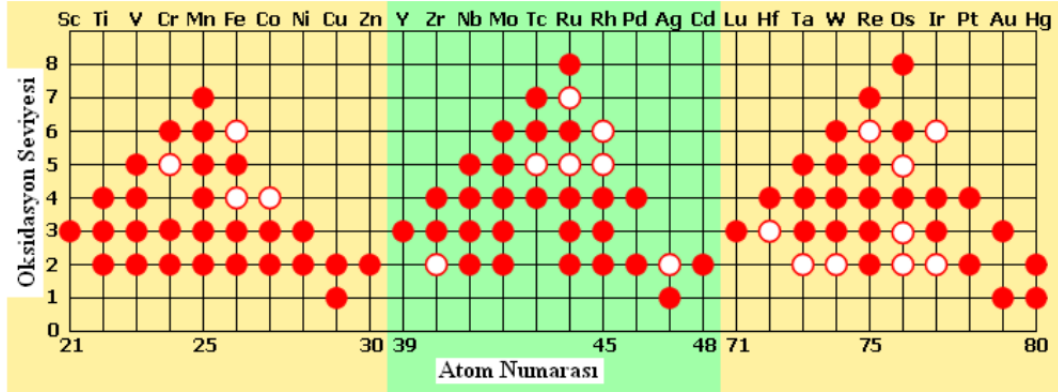
5. ve 6. periyot geçiş elementlerinin (metallerinin) iyonlaşma enerjileri 4. periyot geçiş elementlerinin (metallerinin) iyonlaşma enerjilerine göre daha yüksek olduğundan dolayı 5. ve 6. periyot geçiş metallere atömler arası etkileşim daha fazladır. Ayrıca 5. ve 6. periyot geçiş metallere atömlerinin bileşiklerinde metaller arası bağlara 4. periyot geçiş metallere göre daha çok rastlanır.

Geçiş metal iyonları kolayca değişik moleköl ve iyonlarla kompleks bileşik oluşturabilirler. Oluşan bileşikler çoğunlukla renkli ve paramanyetik özellik gösterirler. Geçiş metallere atömlerinin kendi aralarında oluşturdukları bileşikler (özellikle *3d* geçiş metalleri ile lantanitler arasında oluşan bileşikler) çok kuvvetli manyetik özellikler gösterirler. Geçiş metalleri çok serttirler. Bu sertliklerinden dolayı metalik bağların yanı sıra kovalent bağlar da oluşturmaktadırlar. Oluşturdukları bu kovalent bağlar, kısmen dolu *d*-orbitallerindeki elektronların komşu metal atömleri ile ortaklaşa kullanılmalarından ileri gelmektedir.

### 2.1.1. Geçiş metallere atömlerinin değerliği (Oksidasyon sayısı)

Geçiş metalleri çoğunlukla birden fazla farklı değerliğe (oksidasyon sayısına) sahip olabilirler. Geçiş metallere atömlerinin sahip olabilecekleri değerliklerin çok çeşitli olması *d*-orbitallerindeki elektronlarından ileri gelmektedir. Periyodik tabloda geçiş metallere atömlerinin yer aldığı her bir satır incelendiğinde bu satırların orta bölgesindeki geçiş metallere atömlerinin çok daha fazla sayıda değişik değerliğe (oksidasyon sayısına) sahip olduğu görölmektedir (Çizelge 2.1). Çizelge 2.1 incelendiğinde 1. satır (4. periyot) geçiş metallere atömlerinde; <sup>21</sup>Sc yalnızca +3, <sup>30</sup>Zn ise yalnızca +2 değerliğe sahipken <sup>25</sup>Mn bileşiklerinde daha fazla farklı değerlik alabilmektedir. 2. satır (5. periyot) geçiş metallere atömlerinden; <sup>39</sup>Y yalnızca +3, <sup>48</sup>Cd ise yalnızca +2 değerliğe sahipken diğer geçiş metalleri daha fazla farklı değerlik alabilmektedir.

**Çizelge 2.1.** Geçiş metallerinin artan atom numaralarına göre değişen değerlik sayılarının (oksidasyon sayılarının) gösterimi.



Çizelge 2.1’de koyu kırmızı renkler daha sık rastlanan oksidasyon seviyelerini gösterirken beyaz renkteki içi boş daireler ise daha az rastlanan oksidasyon seviyelerini göstermektedir. Çizelge 2.1’den de görüldüğü üzere 5. ve 6. periyot geçiş metallerinde yüksek değerlikler daha kararlılık göstermektedir.

Geçiş metallerinin bileşikleri hem iyonik hem de kovalent karakterli olabilmektedirler. Bir metal düşük oksidasyon seviyesinde iyonik karakterli bileşik oluştururken yüksek oksidasyon seviyelerinde kovalent karakterli bileşik oluştururlar (özellikle de çok atomlu iyonlar oluşturmak üzere  $^8\text{O}$  ve  $^9\text{F}$  gibi elektronegatif elementlerle kovalent bağlar yaparlar). Geçiş metalleri yüksek değerliklere; basit iyon bileşiklerinden ziyade kovalent moleküllerde veya makro moleküler yapılarda sahip olmaktadır.

### 2.1.2. Geçiş metallerinde renk

Geçiş metallerinin çoğunun atomlarındaki değerlik elektronları  $d$  veya  $f$  alt düzeylerine dağılmıştır. Bu nedenle geçiş metal elementlerinin  $d$  veya  $f$  orbitallerinin tam dolu olmadığı iyonları renklidir. Geçiş metallerinin  $d^0$  ve  $d^{10}$  yapısına sahip iyonları hariç diğer iyonları (hidratlanmış iyonları) genellikle renklidir. Geçiş metal bileşiklerinin

renkli olmaları  $d$  orbitallerindeki elektron geçişlerinden ileri gelmektedir. Elektron geçişleri ile ilgili dalgaboyunun, elektromanyetik spektrumun görünür bölgesine (720-400 nm) rastlaması halinde bileşikler renkli olarak görünmektedir. Elektron geçişleri iki türdür: bunlardan birincisinde metalin  $d$  orbitallerinin birindeki elektronu yine metalin diğer bir  $d$  orbitaline geçer ki, atomdan atoma elektron geçişinin söz konusu olmadığı bu tür geçişler  $d-d$  geçişi olarak adlandırılır. İkincisi ise atomdan atoma elektron geçişinin söz konusu olduğu geçişlerdir ki bu geçişlere de yük transfer geçişleri denir. Yük transfer geçişlerinde atomların başlangıç ve son hallerindeki yüklerinde önemli ölçüde değişiklik olur.

Geçiş metallerinin renkli iyonlarına örnek olarak gök mavisi  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]^{+2}$ , soluk pembe  $[\text{Mn}(\text{H}_2\text{O})_6]^{+2}$ , soluk yeşil  $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{+2}$ , pembe  $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{+2}$ , yeşil  $[\text{Ni}(\text{H}_2\text{O})_6]^{+2}$  ve soluk mavi  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{+2}$  verilebilir.  $^{30}\text{Zn}$  elektron dizilişinde tam dolu  $d$ -orbitaline sahip olduğu için  $[\text{Zn}(\text{H}_2\text{O})_6]^{+2}$  renksizdir. Renkli olan geçiş metali bileşikleri kimyasal üretimlerde genellikle katalizör olarak kullanılırlar.

## 2.2. Alaşım ve Alaşımlama

İki veya daha fazla maddenin muhtelif oranlarda birlikte eritilmesi sonucu elde edilen karışım alaşım olarak adlandırılır. Yani alaşım, bir metale bir ya da birçok element (metal yada ametal) katılarak elde edilen veya daha fazla sayıdaki elementin bir arada eritilmesi ile farklı özellikler ve üstün mekanik değerler taşıyan metalurji ürünüdür. Alaşım oluşturma işlemi, metalin bazı özelliklerini değiştirmeyi, hatta ona yeni özellikler kazandırmayı amaçlar. Çünkü saf metaller sadece belirli özelliklere sahiptir ve bu nedenle ancak sınırlı kullanım alanları mevcuttur. İşte alaşımlama işlemi ile saf metallerin özelliklerini (fiziksel özellikleri, kimyasal özellikleri, mekaniksel özellikleri, ısı işlem özellikleri, malzeme maliyeti v.b.) belirli hâllerde değiştirmek mümkündür. Soğuk biçimlendirme ve ısı işlemlerle sağlanan özellik değişimi, endüstrinin gerektirdiği sayısız özellikler (mukavemet, uzama, şekil alma, yüzey parlaklığı, elektrik, ısı iletkenliği ve görünüm) kazandırmak için ve değerli metallerin renklerini değiştirmek ve endüstriyel amaçları karşılamak için alaşıma ihtiyaç duyulur. Bunun yanısıra

alaşımın en büyük yararı, alaşım oluşturulurken asıl metale (ana metale) ilâve edilen metal veya ametallerin ana metal özelliklerine nasıl tesir ettiğinin bilinmesi ile üstün özelliklere sahip yeni mamullerin elde edilmesine yardım etmesi ve elde edilen bu yeni mamullerin kullanma yerine göre en uygun seçim imkânı vermesidir. Alaşımın bu özelliklerinden dolayı bilim, sanayi ve teknolojinin gelişmesiyle önemi daha da artmaktadır. Örneğin; Prinz 1998'de Science dergisindeki makalesinde magnetoelektronik hızla ilerlemesi nedeniyle,  $Fe_xNi_{1-x}$  alaşımlarının teknolojik açıdan çok önemli materyaller olarak ortaya çıktığını vurgulamıştır.

### 2.2.1. Alaşım üretimi

Alaşım üretiminde çeşitli yöntemler kullanılır. Bunlardan en önemli üç tanesi şunlardır:

- Ergitme metodu ile alaşım üretimi, bu üretimde iki yada daha fazla metal belirli oranlarda bir araya getirilerek eritilir. Metallerin oksitlenmelerine engel olmak için kömür tozu ile örtülür ve toprak bir pota içerisinde eritilir. Eğer metallerden biri uçucu ise (erime noktası diğerlerine göre düşük ise) erime noktası yüksek metal erimekte iken karışıma eklenir. Uçmadan meydana gelecek eksikliği tamamlamak için erime noktası düşük olan metalden biraz daha fazla miktarda konulur. Çok miktarda alaşım elde etmek için reverber fırınlarında eritme yapılır.
- Toz karıştırma metodu ile alaşım üretimi, mikroskobik boyutlardaki metal tozlarının karıştırılarak yüksek basınç altında preslenmesiyle yapılır.
- Sinterleme metodu ile alaşım üretimi, önceden hazırlanmış metal veya alaşım tozları belirli oranlarda karıştırılır. Tozlar istenen geometriye sahip kalıplarda sıkıştırılarak şekillendirilir. Şekillendirilen tozlar sinterlenir. Yani; yüksek sıcaklıklarda kontrollü atmosferde uzun süre ısıtılarak difüzyon yoluyla birbirine kaynatılarak yeterli dayanıma sahip katı bir yapı oluşturulur.

### 2.2.2. Alaşımlandırma ve içyapı oluşumu

Herhangi bir alaşımı oluşturacak A ve B elementlerinin cinslerine bağlı olarak, oluşturabilecekleri içyapıyı belirlemek ve anlamak için alaşım elementlerinin bazı karakteristik özelliklerini bilmek gerekir. Çünkü alaşımın içyapısının hangi fazlardan meydana geleceği alaşım elementlerinin kimyasal özelliklerine (elektron konfigürasyonu, elektronegatiflik, elektropozitiflik v.b.), atom çaplarının büyüklüğüne (atom çapı oranlarına) ve her bir metalin kendi kafes yapısına büyük ölçüde bağlı olarak ortaya çıkar. Aynı zamanda iç yapıyı alaşım elementlerinin yüzde oranları (asıl metal ve alaşım elemanlarının miktarları) da etkilemektedir (Şekil 2.2). (Alaşımında fazla miktarda olan metale asıl metal ve alaşımı elde etmek için bu metale karıştırılanlara da alaşım elemanları denir.).



**Şekil 2.2.** Alaşımlarda “bileşenler-üretim-içyapı-sonuç” ilişkisi.

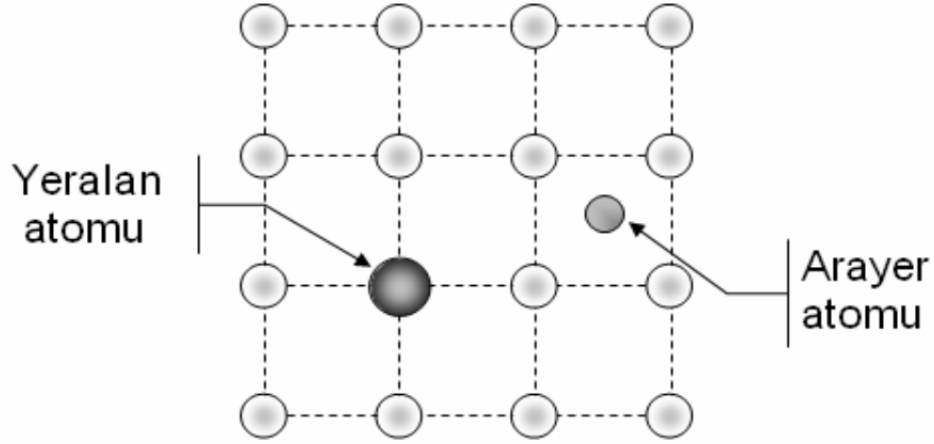
Alaşımlar yapı bakımından (içyapı oluşumu bakımından) üç şekilde meydana gelirler;

- Katı eriyikler şeklinde,
- Ayrı ayrı kristaller şeklinde,
- Katılma olayı ile meydana gelirler.



**Katı eriyikler**, alaşımdaki elementlerden birinin kafes sistemindeki bazı atomların yerini diğer alaşım elementinin atomlarıyla yer değiştirmesiyle veya atomlar arasındaki boşluğa bir arayer atomu gelmesiyle meydana gelen alaşım şeklidir. Bu şekildeki kristallere **karışık kristal** denir. Bunlardan meydana gelen alaşımlara da **katı eriyik** denir. Uygun sıcaklıklarda, gaz ve sıvı çözeltilerinde olduğu gibi, katı cisimler de homojen bir eriyik olan çözelti haline dönüşebilirler. Katı eriyikler, sıcaklık ve içeriklerine göre değişik fazlarda bulunabilirler. Metallerin büyük çoğunluğu kafes yapısı içinde belirli sayıda yabancı atom barındırabilirler.

Yabancı atomların asıl metalin kafes sistemindeki yerleşimlerine göre, metalik katı eriyiklerin iki türü vardır. Bunlardan birincisi arayer katı eriyiği iken ikincisi ise yeralan katı eriyiği (asal yer katı eriyiği) dir (Şekil 2.3).



**Şekil 2.3.** Yeralan atomunun ve arayer atomunun metalik kafes sistemindeki gösterimi.

Şekil 2.3'de görüldüğü üzere yabancı atom esas (asıl) metalin atomu yerine yerleşiyor ise yeralan katı çözeltisi, kafes aralarındaki boşluklara yerleşiyor ise arayer katı çözeltisi meydana gelir. Atomik yarıçapı  $10^{-8}$  cm'den küçük olan H, C, B ve N gibi metallerin atomları büyük çoğunlukla arayer katı çözeltisini oluştururken daha büyük atomik yarıçapa sahip metal atomları ise yeralan katı çözeltisini oluştururlar.

Eriyen elementin (yabancı elementin) atomlarının kafesteki dağılımı düzenli ya da düzensiz olabilir. Belli bir kritik sıcaklığın altında, eriyen atomlar tüm birim kafeslerde aynı pozisyonlara yerleşerek düzenli katı eriyik oluştururlar. Bu tür kafeslere “**süper kafes**” adı verilir. Ancak düzenli katı eriyikler, sert ve kırılğan bir yapıya sahip olduklarından dolayı mühendislik malzemesi olarak uygun olmayan özelliklere sahiptirler. Düzensiz katı eriyikler ise tok ve düktil olduklarından dolayı uygulamada daha çok tercih edilirler.

**Ayrı ayrı kristaller şeklindeki alaşım**, alaşımın iç yapısı oluşurken iki metalin kristalleri ayrı ayrı oluşur. Bu oluşan kristaller birbirleriyle düzenli bir diziliş meydana getirerek oluşan alaşım şeklidir.

**Katılaşma olayı ile alaşım**, bu olayla alaşım meydana geliminde ise, iki metal katılaşırken yeni bir kristal meydana getirirler. Bu oluşan yeni kristal alaşımı meydana getiren metallerin kristallerinden tamamen farklıdır. Bu oluşan alaşım kristalleri kendini oluşturan metallere göre daha sert ve gevrekler. Ayrıca döküme elverişsizdir. Bu alaşımlandırma işlemi, yani bir metale istenen element veya elementlerin eklenmesi sıvı halde yapılır. Daha sonra alaşım soğumaya bırakılarak katılaşma işlemi oluşur.

Bir kristalin başka bir kristali hangi orana kadar eritebileceğine (eritme yeteneği) veya sonuçta hangi cins bir karışım olacağına ilişkin bazı tayin edici etkenler mevcuttur. Bu etkenleri izah eden kurallara **Hume-Rothery** kuralları denir. Bu kuralları aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

- Kafes yapısı faktörü (kafes yapısı benzerliği)
- Atom boyut faktörü (atom yarıçap yakınlığı)
- Kimyasal faktör (kimyasal ilgi)
- Rölatif valens faktörü (valens elektron sayısı) dür.

Metallerin birbirlerini her oranda eritebilen katı eriyik oluşturabilmeleri için, bu metallere ait kristallerin aynı kafes yapılarına sahip olmaları ve kafes parametrelerinin (atom çaplarının) yakın olması gerekir; bu yakınlık derecesi eritebilme mertebesini (eritme sınırını) belirleyecek en önemli etkidir. Çünkü atomlar arasındaki çap farkının artması ile katı eriyik alanı daralır ve eritme yeteneği azalır. Bu yüzden iyon yarıçaplarının birbirine çok yakın olması bu iki metalin iyi bir alaşım oluşturabileceklerinin bir kanıtıdır denilebilir.

Katı eriyiklerde atomların çapları arasındaki fark %14-15'den fazla ise iki elementin birbiri içinde çözülmesi çok sınırlı kalır. Örneğin kurşun ve alüminyum arasındaki bağıl fark %16 olduğundan, eritilmiş bu iki metal karıştırılıp soğumaya terk edilince, sonunda birbirleriyle birleşmemiş ve karışmamış kurşun ve alüminyum metalleri elde edilir. Buna karşın atom çapları arasındaki fark %7'yi geçmiyor ise bunların her oranda birbiri içinde çözünmesi olanaklıdır. Örneğin; Nikel atomunun çapı 1,245 Å, bakırın atom çapı ise 1,278 Å olduğundan bu iki metal her oranda birleşip farklı karekterde alaşımlar oluşturabilirler. Alaşım oluşmasında diğer önemli parametre ise metallerin kristal yapılarıdır. Kristal yapıları birbirinden tamamen farklı olan iki element alaşım yapamaz denilebilir.

Yukarıda bahsedilen iki önemli husustan başka gerekli olan diğer faktörler ise, kimyasal faktör ve rölatif valens faktörüdür. Alaşım oluşturacak metallerin (eriyen ve eriten metallerin) birbirlerine olan kimyasal ilgileri (kimyasal faktör) ne kadar az ise katı eriyik oluşturma eğilimleri o kadar fazladır, aksi takdirde kimyasal bileşik oluştururlar. İyi bir katı eriyik (alaşım) oluşturmada etkili olan önemli faktörlerden olan rölatif valens faktörü de atomların valens elektronu yoğunluğu ve elektronegatiflik gibi özelliklerini ihtiva eder. Çünkü atomların valens elektron sayılarının artması katı eriyik bölgesinin genişlemesine yol açar. Yani düşük valensli bir metal, içerisindeki yüksek valensli metalleri daha fazla eritir. Böylece daha iyi bir katı eriyik elde edilebilir.

Yukarıda Hume-Rothery kuralları adı altında saydığımız şartları sağlayan iki yada daha fazla metal her bileşim oranında katı eriyik oluştururlar. Bu kurallara göre bakır grubu

gerek atom boyut faktörü gerekse kimyasal bakımdan metallerin ortasında yer aldığından en iyi eritici olarak bilinir. Örneğin; bakır bir çok metali (Al, Au, Cd, Mg, Pt, Sn, Zn v.b.) en az %5 oranında eriterek katı eriyik oluşturur. Gümüş de aynı özelliklere sahiptir. Geçiş elementlerinden olan demir (Fe) de bir çok metali (Al, Co, Cr, Cu, Mn, Mo, Ni, Pt, Sn, V, W v.b.) geniş oranda eritebilir. Periyodik tablonun aynı sırasında bulunan ve atom çapları birbirine çok yakın olan geçiş elementleri birbirini geniş oranda eritirler. Çok değerlikli, geçiş metalleri grubundan olmayan metallerin (Mg, Al ve Sn metalleri gibi metaller) ise gerek atom boyutlarının ve gerekse kimyasal duyarlılıklarının artması dolayısıyla eritebilirlik sınırları daralır.

### 2.2.3. Alaşımların fiziksel ve kimyasal özellikleri

Alaşımlar kendilerini oluşturan metallere daha farklı ve daha fazla değişik özelliklere sahiptirler. Bu özelliklerden en önemlileri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Alaşımlar polikristal yapıya ve inorganik cisimlerdir.
- Yapısında metal olmayan katkı elementi olsa bile asıl eleman kesinlikle metal olduğundan metal karakterlidirler.
- Görünümleri alaşıma katılan elementlerin çokluğuna göre değişir.
- Alaşımlar yoğun olup maden parlaklığında dırlar. Isı ve elektriği iletirler.
- Genel olarak alaşımlar kendini teşkil eden elementlerden daha sert fakat daha az levha haline gelebilir ve dayanıklıdırlar.
- Alaşımlar genellikle kendilerini meydana getiren elementlerden daha az aktiftirler.
- Alaşımın erime noktası kendisini oluşturan elementlerin erime noktalarından daha düşük, daha yüksek veya ara değerde olabilir. Fakat büyük çoğunlukla daha düşük olmaktadır.
- Bütün kimyasal elementlerde olduğu gibi metallere de atomlar moleküller halinde gruplaşmazlar, tek başlarına bulunurlar. Ancak elementlerin alaşım oluşturabilmesi için bu tek tek atomların bir ölçüde gruplaşması gerekir.
- Alaşımlar kendilerini oluşturan elementlerden daha az oksitlenebilen ve asitlerden daha az etkilenebilen karışımlardır.

- Bazı alaşımların alevle yanma özelliği vardır.
- Bir alaşımın parlak yüzeyi üstüne asitler veya bazı kimyasal ayraçlar dökülürse alaşımda muhtelif renkler görülür ve maddenin cinsine göre çeşitli irili ufaklı çukurlar meydana gelebilir.
- Bazı alaşımların üzerinde şekil değişikliği meydana getirilebilir ancak alaşım belirli bir sıcaklığa kadar ısıtıldığında tekrar eski haline dönebilir.

Bazı geçiş metal alaşımlarının adı ve kullanıldığı yerler Çizelge 2.2’de verilmiştir.

**Çizelge 2.2.** Geçiş metallerinin kullanıldığı bazı alaşımların adları ve kullanıldıkları yerler.

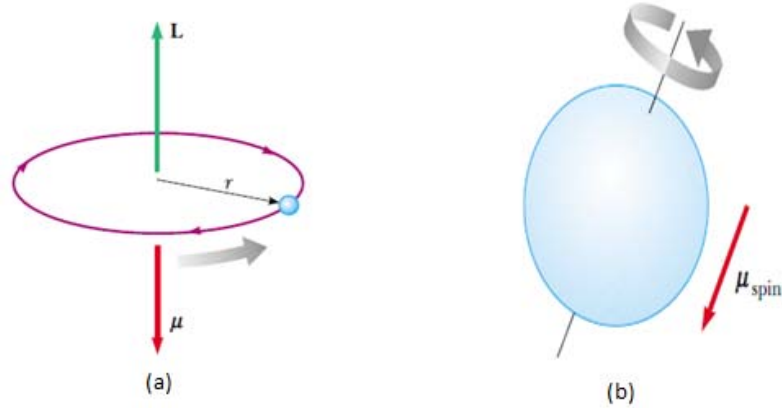
Alaşım	Adı	Kullanıldığı yerler
$Cu_{90}Al_{10}$	Alüminyum bronzu	Fen aletlerinde
$Cu_{90}Sn_{10}$	Top metali	Top imalinde
$Cu_{75}Sn_{25}$	Çan metali	Çan imalinde
$Cu_{65}Zn_{35}$	Pirinç	Elektrik malzemesi yapımında
$Cu_{75}Ni_{25}$	Nikel para	Para basımında
$Cu_{82}Sn_{16}Zn_2$	Bronz	Madalya ve heykellerde
$Cu_{50}Ni_{25}Zn_{25}$	Alman gümüşü	Elektrik reostalarında
$Cu_4Al_{95}Mg_1$	Duralumin	Uçak endüstrisinde
$Cu_{10}Au_{90}$	Altın para	Altın para basımında
$Cu_{25}Au_{75}$	18 ayar altın	Mücevhercilikte
$Cu_{10}Ag_{90}$	Gümüş para	Gümüş para basımında
$Cu_{37,5}Ag_{67,5}$	Sterlin	İngiliz gümüş parası ve gümüş eşya yapımında
$Cu_2Sn_{45}Sb_{13}Pb_{40}$	Babit metal	Makine yatağı yapımında
$Mg_{10}Al_{90}$	Magnalyum	Uçak endüstrisinde ve terazilerde
$Fe_{97}Cr_3$	Krom çeliği	Silindir yatağı ve tel yapımında
$Fe_{85}Cr_{15}$	Krom çeliği	Mutfak malzemesi
$Fe_{86}Si_{14}$	Sert demir	Asit tankı yapımında
$Fe_{64}Ni_{36}$	İnvar	Fen aletleri
$Fe_{86}Mn_{14}$	Manganez çeliği	Kasa, dolap, taşkırıcı yapımında
$Fe_{95}Mo_5$	Molibden çeliği	Yüksek hızlı dökümde
$Fe_{94}Ni_6$	Nikel çeliği	Asma köprü yapımında
$Fe_{85}Ni_{15}$	Platinit	Ampul teli yapımında

**Çizelge 2.2 (devam)**

Alaşım	Adı	Kullanıldığı yerler
$Fe_{97}Si_3$	Silisyum çeliği	Otomobil yayı
$Fe_{92}W_8$	Tungsten çeliği	Parça dökümünde
$Ni_{35}Au_{65}$	Beyaz altın	Mücevhercilikte
$Ni_{66}Cu_{34}Fe_6$	Monelmetal	Asit tankı yapımında
$Ni_{60}Cr_{15}Fe_{25}$	Nikrom	Elektrik demiri ve ızgarası yapımında
$Ni_{80}Fe_{20}$	Perm alaşımı	Elektrik transformatörlerinde
$Pb_{99,5}As_{0,5}$	Saçma, mermi	Saçma ve mermi yapımında
$Pt_{95}Ir_5$	Platinium	Mücevhercilikte
$Sn_{60}Pb_{40}$	Lehim	Metalleri birleştirme işleminde

### 2.3. Madde İçinde Manyetizma

Bir tel sargıdaki akımın oluşturduğu manyetik alan, bazı maddelerin kuvvetli manyetik özellikler göstermelerinin nedeni konusunda ipucu vermektedir. Genelde, herhangi bir akım ilmeği, bir manyetik alana ve buna karşılık gelen bir manyetik momente sahiptir. Buna atomun bazı modellerinde betimlenen atomik düzeydeki akım-ilmekleri de dahildir. Bu nedenle, mıknatıslanmış bir maddedeki manyetik momentlerin, bu atomik düzeydeki akım ilmeklerinden kaynaklandığı söylenebilir. Bu akım ilmekleri çekirdeklerin etrafındaki yörüngelerde dolanan elektronların hareketlerinden kaynaklanır (Şekil 2.4 (a)). Ayrıca, elektronların, protonların, nötronların ve diğer bazı parçacıkların “spin” denen bir iç özelliğinden kaynaklanan bir başka manyetik momentleri de vardır (Şekil 2.4 (b)).



**Şekil 2.4.** (a)  $r$  yarıçaplı yörüngede dolanan bir elektronun zıt yönlerde oluşan açısal momentumu ( $L$ ) ve manyetik momenti ( $\mu$ ). (b) Elektronun spin hareketinden kaynaklanan spin manyetik momenti ( $\mu_{spin}$ ) modellemesi.

Yukarıda bahsettiğimiz bilgiler ışığında şu soru sorulabilir. Tüm maddeler elektron içerdiklerine göre, neden bütün maddeler manyetik değildir? Temel neden, maddelerin çoğunda, atomdaki bir elektronun manyetik momentinin yine aynı atomun ters yönde dolanan diğer bir elektronunun manyetik momenti tarafından dengelenerek etkisiz hale getirilmesidir. Maddelerin çoğu için, sonuç olarak, elektronun yörüngesel hareketinin oluşturduğu manyetik etki ya sıfır ya da oldukça küçüktür. Yörüngesel manyetik momentinden başka, elektronun spin denen bir başka iç özelliği daha vardır; manyetik momentine bu da katkıda bulunur. Çok sayıda elektronu olan atomlarda elektronlar genellikle spinleri zıt yönecek biçimde çiftler oluştururlar; böylece spin manyetik momentleri birbirlerini yok ederler. Fakat, tek sayıda elektronu olan atomların en azından bir tane “çiftlenmemiş” elektronu ve buna karşılık gelen bir spin manyetik momenti olması gerekir. Bir atomun toplam manyetik momenti, yörüngesel ve spin manyetik momentlerinin vektörel toplamıdır. Bir atom çekirdeğinde proton ve nötronlardan kaynaklanan manyetik momenti de vardır. Ancak, bir proton yada nötronun manyetik momenti, elektronun manyetik momentinin yanında çok küçük kalır ve genellikle ihmal edilebilir. Çünkü proton ve nötronun kütleleri, elektronun kütlesinden çok çok büyük olduklarından manyetik momentleri yaklaşık  $10^3$  kere daha küçüktür (Serway 2002).

### 2.3.1. Maddelerin manyetik özellikleri

Maddelerin manyetik özellikleri maddenin sahip olduğu atomlarının elektron dizilimlerine ve düzenlerine bağlıdır. Bu yüzden farklı maddelerin manyetik özellikleri de farklıdır. Ancak, her bir maddenin manyetik davranışı tamamen karakteristik (kendine özgü) de değildir. Çünkü bir maddenin manyetik durumu, mıknatıslanma vektörü ( $\mathbf{M}$ ) denen bir nicelikte betimlenir ve bu vektörün büyüklüğü, maddenin birim hacminin net manyetik momentine eşittir ve bu büyüklüğün değeri ile ilişkili olarak maddeler manyetik sınıflara ayrılır. Bunun için maddeler manyetik özelliklerine göre diyamanyetik, paramanyetik, ferromanyetik, ferrimanyetik, antiferromanyetik v.b. sınıflara ayrılırlar. Bu sınıflamada en önemli olan ilk üçüdür. Paramanyetik ve ferromanyetik maddeler, sürekli (daimi) manyetik dipol momente sahip atomlardan oluşur. Diyamanyetik maddeler ise sürekli manyetik momente sahip olmayan atomlardan oluşur.

Paramanyetik ve diyamanyetik maddelerin mıknatıslanma vektörü  $\mathbf{M}$ , manyetik alan şiddeti  $\mathbf{H}$  ile orantılıdır. Yani bir dış manyetik alan içerisine yerleştirilen bu maddeler için,

$$\mathbf{M} = \chi \mathbf{H} \quad (2.1)$$

yazılabilir. Burada  $\chi$  manyetik duygunluk (süseptibilite) denen boyutsuz (birimsiz) bir çarpandır. Şayet madde paramanyetik ise,  $\chi$  pozitif olup bu durumda  $\mathbf{M}$ ,  $\mathbf{H}$  ile aynı yönlüdür. Madde diyamanyetik ise,  $\chi$  negatif olup  $\mathbf{M}$ ,  $\mathbf{H}$ 'ye ters yöndedir. Bu lineer bağımlılığın ferromanyetik maddeler için geçerli olmadığına dikkat etmek son derece önemlidir. Buna göre,

$$\mathbf{B} = \mu_0(\mathbf{H} + \mathbf{M}) = \mu_0(\mathbf{H} + \chi \mathbf{H}) = \mu_0(1 + \chi)\mathbf{H} \quad (2.2)$$

yada



$$\mathbf{B} = \mu_m \mathbf{H} \quad (2.3)$$

elde edilir. Buradaki  $\mu_m$  sabitine maddenin manyetik geçirgenliği denir ve uygunluğa,

$$\mu_m = \mu_0(1 + \chi) \quad (2.4)$$

bağıntısı ile bağlıdır. Maddeler,  $\mu_m$  ve  $\mu_0$ 'nın (serbest uzayın manyetik geçirgenliği) büyüklüğüne bağlı olarak aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir:

Paramanyetik	$\mu_m > \mu_0$
Diyamanyetik	$\mu_m < \mu_0$

Paramanyetik ve diyamanyetik maddeler için  $\chi$  çok küçük olduğundan, bu maddeler için  $\mu_m$  hemen hemen  $\mu_0$ 'a eşittir. Ancak ferromanyetik maddeler için  $\mu_m$ ,  $\mu_0$  dan bir kaç bin kere daha büyüktür (bunun anlamı ferromanyetik maddeler için  $\chi$  nın çok büyük oluşudur). Eşitlik 2.3,  $\mathbf{B}$  ile  $\mathbf{H}$  arasında basit bir bağıntı oluşturuyorsa da, ferromanyetik maddelere uygulanmaya çalışıldığında dikkatlice yorumlanmalıdır. Yukarıda da belirtildiği gibi, ferromanyetik maddelerde  $\mathbf{M}$ ,  $\mathbf{H}$ 'nin lineer bir fonksiyonu değildir. Böyle olmasının nedeni,  $\mu_m$ 'nin değerinin yalnız ferromanyetik maddenin bir karakteristiği olmakla kalmayıp aynı zamanda önceki durumuna ve önceki durumundan şimdiki durumuna gelinceye kadar geçirdiği işlemlere de bağlı olmasıdır (Serway 2002).

Maddelerin manyetik özellikleri hakkında genel bilgi edindikten sonra şimdi bu manyetik sınıfları inceleyelim.

### 2.3.1.a. Diyamanyetizma

Şiddetli bir manyetik alan içine konulan bir madde, dış manyetik alanın yönü ne olursa olsun, alan şiddetinin daha zayıf olduğu tarafa doğru kaçma eğilimi gösteriyorsa böyle

maddelere diyamanyetik madde ve bu olaya da diyamanyetizma denir. Diyamanyetik bir maddeye bir dış manyetik alan uygulandığında, bu alana zıt yönde zayıf bir manyetik moment oluşur. Bu diyamanyetik maddelerin bir mıknatıs tarafından zayıfça itilmesine sebep olur. Her çeşit maddede diyamanyetizma olmakla birlikte etkileri paramanyetizma ya da ferromanyetizma'ya göre daha zayıftır ve ancak diğer etkiler olmadığı zaman gözlenebilirler.

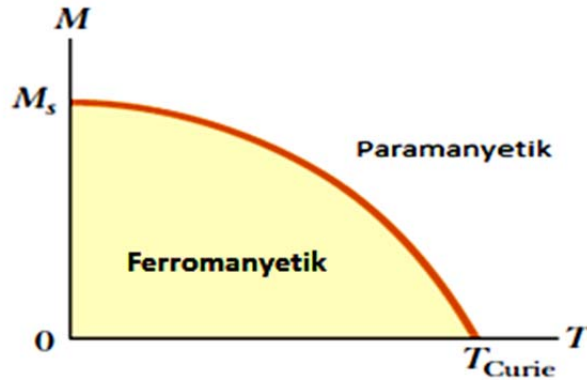
Çekirdeğinin etrafında zıt yönlerde fakat aynı süratle dolanan iki elektronlu klasik atom modelini düşünerek diyamanyetizmayı bir ölçüde anlayabiliriz. Elektronlar, pozitif yüklü çekirdeğin oluşturduğu çekici elektrostatik kuvvet nedeniyle çembersel yörüngelerde dolanırlar. İki elektronun manyetik momentleri eşit büyüklükte fakat zıt yönde olduğundan dolayı birbirlerini yok ederler ve atomun manyetik momenti sıfır olur. Bir dış manyetik alan uygulandığı zaman elektronlar  $q(\boldsymbol{\nu} \times \mathbf{B})$  ile verilen ek bir kuvvet hissederler. Bu ek kuvvet nedeniyle elektronların gördüğü merkezci kuvvetler artık eşit değildir. Manyetik momenti alana antiparalel olan elektronun yörüngesel sürati artarken, paralel olan elektronun sürati azalır. Sonuçta, elektronların manyetik momentleri birbirlerini yok edemezler ve madde uygulanan alana zıt yönde net bir manyetik moment edinir. Diyamanyetik maddelere örnek olarak; anorganik bileşiklerin çoğu, hemen hemen bütün organik bileşikler ve periyodik çizelgenin sağında yer alan elementlerin çoğu ve hatta çok düşük sıcaklıklarda süperiletken özellik gösteren maddeler diyamanyetiktir.

### 2.3.1.b. Paramanyetizma

Maddelerde paramanyetizma büyük bir ölçüde, elektronların kendi eksenini etrafında dönmesinden (Şekil 2.4 (b)) kaynaklanan bir manyetik momentle ifade edilir. Bu manyetik momentlerin büyüklükleri sabittir ( $\pm \hbar/2\pi$ ) ve değişmez. Bunun için uygulanan bir dış alan bu manyetik momentlerin büyüklüğünü değiştiremez ancak istenmeyen yöne yönelmiş spin momentlerini dış alan yönünde döndürmeye çalışır veya minimum enerjili hale gelecek şekilde düzenlemeye çalışır. Ancak bu düzenleme süreci, momentleri rastgele yönlerde yöneltmeye çalışan ısısal hareketin etkileri ile yarışmak

zorundadır. Bu sebepten dolayı spin manyetik momentlerinin yönelimi tam düzenli olamaz. Bu düzensizliği azaltmak için manyetik alan artırılmalı ve sıcaklık düşürülmelidir. Çok yüksek alanlarda ve çok düşük sıcaklıklarda, mıknatıslanma maksimum veya doyum değerine yaklaşır. Bu durumda, tüm manyetik dipol momentler uygulanan alan yönünde dizilmiş demektir.

Ferromanyetik bir madde, sıcaklığı Curie sıcaklığı denen bir kritik sıcaklığa ulaştığı ya da geçtiği zaman kalıcı mıknatıslanmasını kaybeder ve paramanyetik duruma geçer (Şekil 2.5). Curie sıcaklığının altında manyetik momentler paralel olarak dizildikleri için madde ferromanyetiktir. Curie sıcaklığının üstünde, ısısal enerji, momentlerin gelişigüzel yönelmelerine neden olacak kadar yüksektir; bu yüzden madde paramanyetik olur.



**Şekil 2.5.** Ferromanyetik bir maddenin mıknatıslanmasının mutlak sıcaklıkla değişimi.

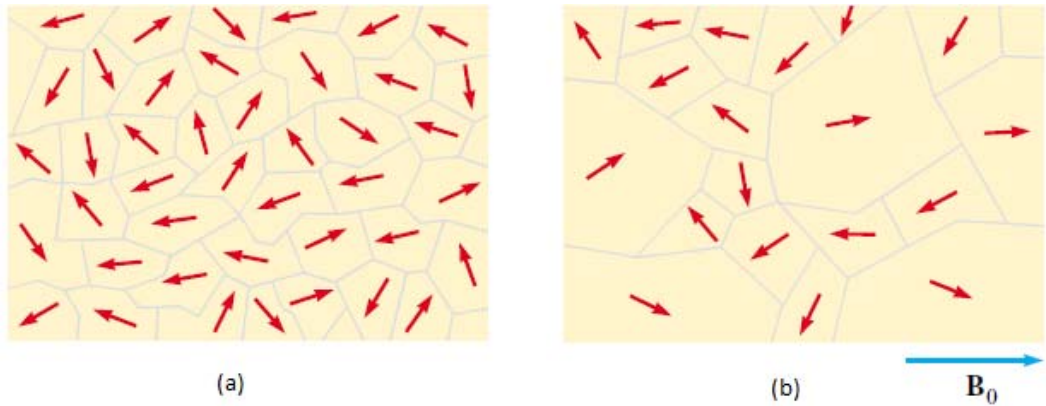
Fe, Ni ve Co geçiş elementlerinin Curie sıcaklıkları sırasıyla 1043 K, 1394 K, 631 K dir. Paramanyetik maddelere örnek olarak; hemen hemen bütün metaller, oksijen ve kimi metal tuzları verilebilir.

### 2.3.1.c. Ferromanyetizma

Ferromanyetizma, paramanyetizmanın özel bir davranış şeklidir. Atomları sürekli manyetik momente sahip olan az sayıda kristal yapılu madde, ferromanyetizma denen

kuvvetli manyetik olaylar gösterirler. Ferromanyetik maddelerin bazı örnekleri demir, nikel, kobalt, gadolinyum ve disprosyum dur. Bu tür maddeler, zayıf bir dış manyetik alan içinde bile birbirlerine paralel olarak yönelmeye çalışan atomik manyetik dipol momentler içerirler. Momentler bir kere paralel hale geldikten sonra, dış alan ortamdaki kaldırılrsa bile madde mıknatıslanmış olarak kalır. Bu sürekli yönelim, komşu olan manyetik momentler arasındaki kuvvetli bir etkileşimden kaynaklanır.

Tüm ferromanyetik maddeler “domain” denen mikroskobik bölgelerden oluşurlar. Herhangi bir bölgedeki momentlerin hepsi aynı yönde yönelmişlerdir. Farklı yönelimlere sahip olan bölgelerin arasındaki sınırlara bölge duvarları denir. Mıknatıslanmamış bir numunede, Şekil 2.6 (a)’da gösterildiği gibi bölgeler, net manyetik moment sıfır olacak biçimde rastgele yönelirler. Numune bir dış manyetik alan içine konulduğunda bölgeler hafifçe dönerek alan yönünde yönelmeye çalışırlar. Bu yönelme olayı, mıknatıslanmış bir numune ortaya çıkarır. Dış alanı uygulayınca başlangıçta dış alan yönünde yönelmiş durumda olan bölgelerin diğer yönlerde yönelmiş olanların aleyhine büyüme gösterir (Şekil 2.6 (b)). Dış alan ortadan kaldırıldığında zaman, numune kaldırılan alanın yönünde net bir mıknatıslanmayı koruyabilir. Normal sıcaklıklarda, ısısal uyarımlar manyetik momentlerin bu yönelimlerini bozacak kadar etkili değildir.



**Şekil 2.6. (a)** Mıknatıslanmamış bir maddede atomik manyetik dipollerin rastgele yönelişleri. **(b)** Bir  $B_0$  dış alanı uygulandığında, atomik manyetik dipollerin alan yönünde yönelmeye çalışması ve alan yönüne yönelen bölgelerin büyüme göstermesi.

Ferromanyetik maddelere etkiyen kuvvetler uygulanan dış alan şiddetiyle orantılı iken diyamanyetik ve paramanyetik maddelere etkiyen kuvvetler dış alan şiddetinin karesiyle orantılıdır. Aynı zamanda ferromanyetik maddeleri diğerlerinden ayıran bir diğer fark, bir dış alan olmasa da ferromanyetik maddeler sürekli bir manyetik alan kaynağı olabilirler; yani bir bileşke manyetik moment oluşturabilirler. Bu manyetik moment ters bir dış alan içinde bile, ondan bağımsız olarak yönünü ve büyüklüğünü koruyabilir. Bunun sebebi, ferromanyetik maddelerde dolu olmayan  $d$ -bantlarının spinleri Cruie sıcaklığının altında kendiliğinden birbirlerine paralel dizilirler. Yani spinler bir dış manyetik alan olmaksızın küçük domainler içinde dizilirler ve domainlerin her biri doyuma ulaşmak için mıknatıslanırlar.

Ferromanyetik maddelerin mıknatılanması zor'a da bağlıdır. Ferromanyetik maddelerin üzerlerine uygulanan basınca bağlı olarak mıknatıslanmasına piezomanyetizma denir. Örnek olarak bir basınç kuvveti nikel için mıknatıslanmayı artırırken, bir gerilme kuvveti  $M$ 'yi dolayısıyla da  $\mu$ 'yü azaltır. Bu etki belirli Fe-Ni alaşımlarındaki (permalloy: mıknatıslanma oranı yüksek demir-nikel alaşımı) duruma tamamen terstir. Çünkü bu alaşımda gerilme kuvveti  $M$ 'yi ya da  $\mu$ 'yü artırır. Polikristal demirde durum daha karmaşıktır. Düşük alanlarda demir permalloy gibi davranırken, yüksek alanlarda nikel benzer davranış sergiler. Piezomanyetizmanın tersine ise, belirli ferromanyetik malzemelerde oluşan elastik şekil veya boyut değiştirme olayı olarak tanımlanan manyetostriksiyon denir.

### 2.3.1.d. Antiferromanyetizma

Antiferromanyetik maddeler, ferromanyetik maddelere özellikleri bakımından çok benzemelerine rağmen komşu atomlar arasındaki karşılıklı değişim etkileri atomik manyetik momentlerin anti-paralel dizilmelerine neden olur. Bununla birlikte manyetik alan kalkınca, antiferromanyetik maddeler paramanyetik maddeler gibi davranış sergilerler. Antiferromanyetik maddeler, Néel sıcaklığı olarak bilinen geçiş sıcaklığı değerlerinde ferromanyetik maddeler gibi paramanyetik özellik gösterirler. Periyodik çizelgede oda sıcaklığında antiferromanyetik özellik gösteren tek element kromdur.

### 2.3.1.e. Ferrimanyetizma

Ferrimanyetik maddeler, ferromanyetik maddeler gibi manyetik alana girdiklerinde genelde daha az satürasyon (doyum) miknatislanmasına sahip olsa da davranışları çoğunlukla benzerdir. Ferromanyetik maddelerde atomların paralel sıralanmış manyetik momentleri varken, ferrimanyetik maddelerde karşılıklı değişim etkilerinin sonucunda kristalin bazı bölgelerinde atomların paralel sıralanmış manyetik momentleri gözlenirken, bazı bölgelerinde de atomların anti-paralel sıralanmış manyetik momentleri gözlenir. Örneğin; Baryum ferrite ( $BaO \cdot 6Fe_2O_3$ ) birim hücresinde 64 iyon vardır ve bunlardan baryum ve oksijen iyonları manyetik momente sahip değildir. Ancak uygulanan alana paralel net bir miknatislanma vermek için, 16  $Fe^{+3}$  iyonunun paralel sıralanmış manyetik momentleri varken, 8  $Fe^{+3}$  iyonunun ise anti-paralel sıralanmış manyetik momentleri vardır. Saf elementlere nazaran daha karmaşık kristal yapıya sahip bileşiklerde sadece ferrimanyetizma gözlenir.

### 2.4. X-Işınları

Wilhelm Conrad Röntgen 1895’de madde üzerine düşen hızlı elektronların, bilinmeyen tabiatlı son derece girici ışınlar meydana getirdiğini gözlemişti. Mahiyetleri tam olarak bilinmediği için X-ışınları diye adlandırılan bu ışınların giricilik ve şiddetlerinin başlangıçtaki elektronların hızlarıyla doğru orantılı olduğu yani elektronlar ne kadar hızlı ise oluşan X-ışınlarının da o kadar girici ve şiddetli olduğu tespit edilmişti. Bir madde üzerine düşen ışık etkisiyle maddeden elektron sökülmesi temeline dayanan fotoelektrik olay, fotonların elektronlara enerji aktarabileceğini ve bu enerjiyi soğuran elektronların serbest kalarak harekete geçebileceğini göstermiştir. X-ışınlarının keşfi ile bu olayın tersinin de mümkün olabileceği yani hareketli bir elektronun kinetik enerjisinin tümünün veya bir kısmının bir fotona dönüşebileceği anlaşılmıştır.

Röntgenin keşfinden sonraki bir yıl içerisinde X-ışınları, bilim, teknoloji, tıp ve çeşitli alanlarda teori ve pratikte kullanılmaya başladı. Barkla, saçılma deneylerinden, 1906’da X-ışınlarının polarize olabileceğine; 1908’de ise X-ışınlarının hedef maddesinin

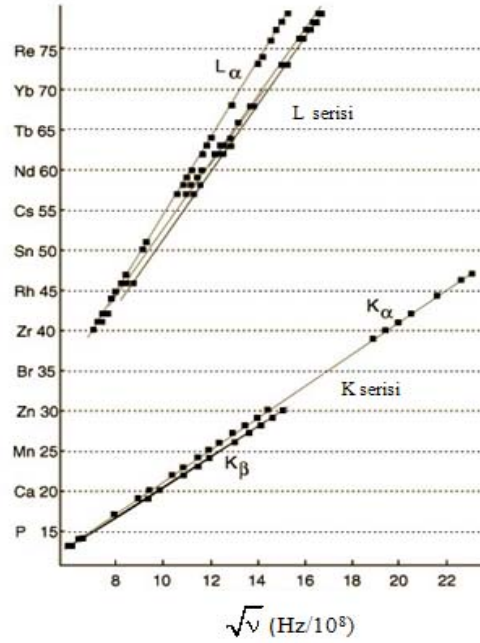
karakteristik bileşenlerini içerdiğine dair deliller buldu. Bragg, iyonizasyon çalışmaları ile onların parçacık olduğunu ispatladı. 1913’de Moseley, çizgi spektrumdaki çizgilerin hedef elementlerinin karakteristiği olduğunu ve bunların atom numaraları gibi ardışık olduğunu gösterdi. Böylece 1920’lerin başlarında bilinmeyen elementler keşfedilerek periyodik çizelgenin oluşturulma çalışmaları başladı. Tarihsel gelişim süreci,  $X$ -ışınlarının dalga tabiatının 1921’de Laue tarafından keşfi, Bragg’ın  $X$ -ışınlarının yansıma kanununu bulması,  $X$ -ışını spektrumlarının teorisinin Summerfeld tarafından çalışılması ve 1929’da Larson tarafından  $X$ -ışınlarının anormal dispersiyonunun keşfedilmesiyle devam etmektedir.

$XRF$  ( $X$ -Ray Fluorescence)’nin kalitatif uygulamasının temeli olan Moseley kanunu;

$$\sqrt{\nu_n} = \sqrt{\frac{c}{\lambda}} = k(Z - \sigma) \quad (2.5)$$

eşitliği ile verilmektedir. Bu bağıntı bir doğru denklemdir ve bütün  $X$ -ışını serileri için geçerlidir. Bu bağıntıda  $\nu_n$  frekans ( $Hz$  cinsinden),  $c$  ışık hızı ( $m/s$  cinsinden),  $\lambda$  dalgaboyu ( $m$  cinsinden),  $k$  verilen bir seri için bir sabit,  $Z$  atom numarası,  $\sigma$  ise perdeleme sabitidir.

Yukarıda ifade ettiğimiz (2.5) eşitliği ile Moseley, Bohr teorisinden hareketle tüm elementler için çizgi ışın frekansının karekökünün merkezi etkin yükün bir başka deyişle atom numarasının lineer fonksiyonu olduğunu göstermiş oldu. Buna göre doğrusal değişim eğrisinden yararlanarak çizgi spektrumunun frekansını ölçmek suretiyle ilgili elementin atom numarasını belirlemek mümkündür. Moseley kanunu elementlerin türlerini tayin etmede kullanılan nitel (kalitatif) analizlerin temelini oluşturur. Moseley Kanunu’na göre bazı spektral çizgileri için atom numarası ile frekans arasındaki ilişki Şekil 2.7’de gösterilmiştir.



**Şekil 2.7.** Bazı spektral çizgiler için Moseley çizimi.

Elektromanyetik kuram, ivmeli bir elektrik yükünün elektromanyetik dalga yayımlamasını öngörür. Aniden durdurulan hızlı bir elektron da tabii ki ivmeli hareket yapar, dolayısıyla elektronun durdurulmasıyla oluşan  $X$ -ışınları da elektromanyetik dalgalardır. Bu elektromanyetik dalgaların yani  $X$ -ışınlarının genel özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Yüklü cisimlerin ivmeli hareketiyle oluşurlar.
- Dalga boyu  $10^{-2} A^0$  ile  $100 A^0$  arasındadır.
- Işık hızıyla, doğrular boyunca ve madde transfer etmeksizin yayılırlar.
- Yayılmaları için ortama gerek yoktur, boşlukta da yayılırlar.
- Enerji verilen olaylar sonucu oluştuklarından enerji ve momentumları vardır ve çarptıkları yüzeye basınç uygularlar.
- Yüksüz oldukları için elektrik ve manyetik alandan etkilenmezler.
- Enerjileri çok büyük olduğundan, saydam olmayan maddelerden dahi geçebilirler, fakat kurşun bloklardan geçemezler.
- İçinden geçtikleri gaz atomları iyonlaşır ve canlı hücreleri üzerinde zararlı etkileri vardır.

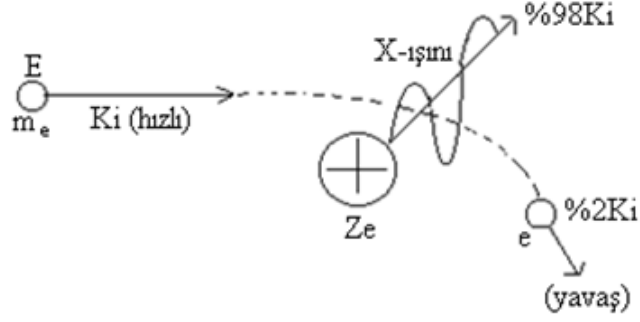


- Sürekli spektrum, karakteristik çizgi spektrumu, bant ve soğurma spektrumu oluştururlar.
- Gözle görülmezler ve duyularımızla hissedilmezler.
- Madde ile karşılaştıklarında; etkilenmeden geçiş, yansıma, kırılma, kutuplanma, kırınım, koherent saçılma, inkoherent saçılma, fotoelektrik soğurulma, çift oluşumu v.b. olayları meydana gelebilir.
- Madde tarafından soğurulduğunda; sıcaklık artması, dielektrik özellik değişimi, elektrik özellik değişimi, iyonlaşma, radyoliz, fotoliz, kimyasal reaksiyonlar, fotografik olaylar (renk merkezlerinin ve diğer örgü kusurlarının oluşumu), radyasyon hasarları, flöresans veya fosforesans, ikincil karakteristik  $X$ -ışını ve bant spektrumlarına uyarma, Auger, geri tepme ve fotoelektronların uyarılması, uyarma, hasar, genetik değişme veya biyolojik dokuda ölüm olaylarından biri meydana gelebilir.

$X$ -ışınları, nitelik itibariyle sürekli  $X$ -ışınları ve karakteristik  $X$ -ışınları olmak üzere iki grupta incelenebilirler.

#### 2.4.1. Sürekli $X$ -ışınları

Sürekli  $X$ -ışınları; elektronlar, protonlar veya  $\alpha$  parçacıkları gibi yüksek enerjili, yüklü parçacıkların ağır çekirdeklerin Coulomb alanından geçerken enerji kaybetmeleri, bir başka deyişle nükleer saçılmalarla hedef içerisinde adım-adım yavaşlatılmaları sonucu meydana gelirler. Sürekli  $X$ -ışınlarının oluşumu Şekil 2.8'de şematik olarak gösterilmiştir. Bu etkileşimde yüklü parçacığın ıdığı enerji, sürekli spektrum veya Bremsstrahlung (frenleme radyasyonu) spektrumu olarak isimlendirilir. Sürekli  $X$ -ışını spektrumları geniş bir frekans aralığını kapsayan sürekli bir ışımaya karşılık gelmektedir. Bu nedenle sürekli  $X$ -ışınlarına beyaz  $X$ -ışınları da denir. Sürekli  $X$ -ışını emisyonu, klasik elektromanyetik teoriye göre şöyle açıklanabilir. İvmeli hareket eden yükler elektromanyetik ışımada bulunurlar. Yüksek enerjili elektronlar bir hedefe çarptıkları zaman bu elektronların enerjilerinin %1'i sürekli  $X$ -ışınlarının oluşmasına yol açar. Sürekli  $X$ -ışınlarının üretilmesinde  $X$ -ışını tüpleri temel kaynaktır.

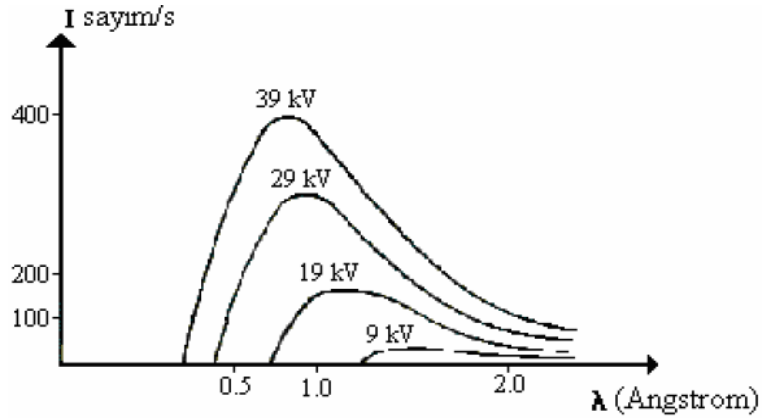


**Şekil 2.8.** Sürekli  $X$ -ışını oluşum mekanizması.

Hedefe (bir  $X$ -ışını tüpünde anoda) çarpan elektronlardan çok az bir kısmı enerjilerini bir defada ve tümüyle bir  $X$ -ışını fotonu olarak yayımlayabilir. Bu elektronlar maksimum frekanslı (minimum dalgaboylu) ışınları oluştururlar. Minimum dalga boyu ( $\lambda_{min}$ ) hedef üzerine gelen elektronun tüm kinetik enerjisini ( $E = eV_o$ ) tek bir fotona vermesine karşılık geldiğine göre,  $E_x = hc/\lambda_{min}$  yayımlanan  $X$ -ışınının enerjisi olmak üzere  $\lambda_{min}$  için;

$$\frac{hc}{\lambda_{min}} = eV_o \Rightarrow \lambda_{min} = \frac{hc}{eV_o} \quad (2.6)$$

yazılabilir. Bir  $X$ -ışını tüpünde elektronlarla meydana getirilen sürekli  $X$ -ışını spektrumunu, uyarıcı elektronların maksimum enerjilerine karşılık gelen,  $\lambda_{min}$  kısa dalgaboyu sınıрыyla karakterize edilir. Burada,  $h$  Planck sabiti ( $6,62 \times 10^{-27}$  erg·s),  $c$  ışık hızı,  $e$  elektronun yükü ve  $V_o$  ise tüpe uygulanan potansiyeldir. Kısa dalgaboyu sınırı ile uygulanan potansiyel arasındaki bu ilişki **Duane-Hunt** kanunu olarak bilinir. Şekil 2.9'da uygulanan potansiyele bağlı olarak sürekli  $X$ -ışınlarının dalgaboyu-şiddet grafiği çizilmiştir.



**Şekil 2.9.** Sürekli X-ışını spektrumu.

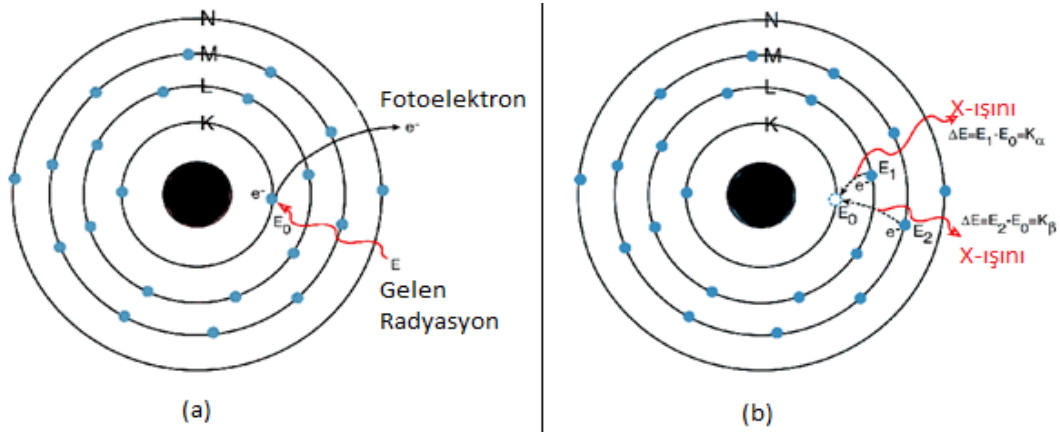
Bir X-ışını tüpünde elektronlar tarafından meydana getirilen sürekli X-ışını spektrumu aşağıdaki özelliklerle karakterize edilir:

- Kısa dalga boyu  $\lambda_{min}$  'den daha küçük olamaz.
- Maksimum şiddetin dagaboyu  $\lambda_{max}$  yaklaşık olarak  $\lambda_{min}/2$  dir.
- Toplam şiddet, tüp voltajı ve hedef maddesinin atom numarası (Z) ile orantılıdır.

#### 2.4.2. Karakteristik X-ışınları

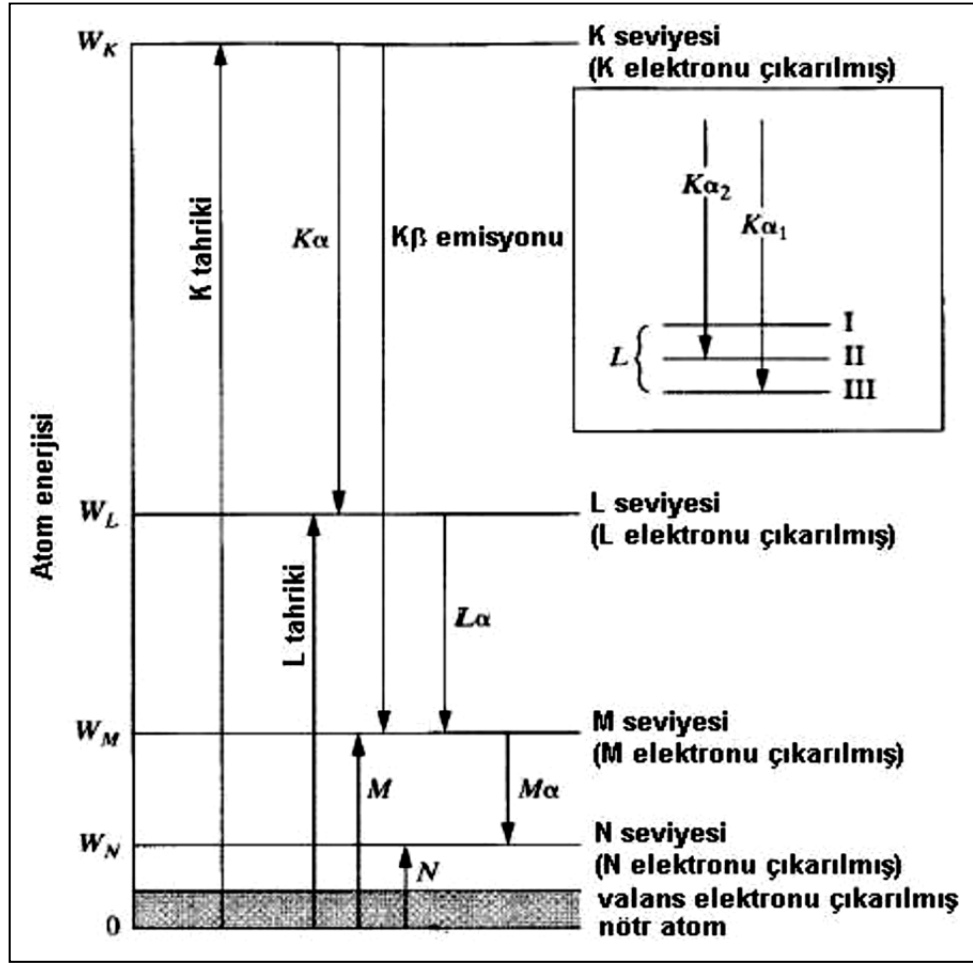
Bir atomda elektronlar atomun merkezinde bulunan çekirdek etrafında yörünge olarak adlandırılan enerji katmanlarında dolanırlar. Her bir elektronun hızından kaynaklanan bir kinetik enerjisi ve çekirdekten uzaklığına bağlı olarak da sahip olduğu bir potansiyel enerjisi vardır. Bu nedenle enerji düzeylerinde hareket eden elektronların kinetik ve potansiyel enerjilerinin toplamına eşit olan bir enerjileri vardır. Elektronların sahip oldukları enerji iç tabakalardan dış tabakalara doğru gidildikçe artar. Bu sayede çekirdek çevresindeki elektronlar yüksek hızlarla dönmelerine rağmen konumlarını muhafaza ederler. Bu elektronların uzaysal konumları herhangi bir enerji etkisi ile bozulursa; iç tabakalara veya dış tabakalara doğru elektron geçişleri olur. Atomun herhangi bir iç tabakasından sökülen elektronun yerinde kalan boşluk, üst tabakadaki elektronlar tarafından belli geçiş kurallarına ve enerjinin minimumluğu prensibine uygun olarak doldurulur. Böyle bir doldurma sırasında enerji farkı bir X-ışını fotonu

olarak yayımlanır. Bu foton yayımlandığı malzemeye has özellikler taşıdığı için o elementin karakteristik X-ışını diye adlandırılır (Şekil 2.10).



**Şekil 2.10.** (a) Atomun E enerjili bir fotonla uyarılması ile K tabakasındaki bir elektronun koparılması (fotoelektrik olay). (b) K tabakasında oluşturulmuş bir boşluğun üst yörünge elektronları ile doldurulması sonucu karakteristik X-ışınlarının ( $K_{\alpha}$  ve  $K_{\beta}$ ) oluşumu.

Atomlar, elektron yörüngeleri arasındaki enerji farkına eşit enerjiyi soğurarak veya yayımlayarak kuantum mekaniği ile açıklanabilen izinli yörüngeler arasında geçişler yapabilirler. Atomun enerji soğurarak üst seviyelere çıkması uyarma (excitation), uyarılmış elektronun enerji yayımlayarak temel hale geçmesi ise uyarılmışlıktan kurtulma (de-excitation) olarak adlandırılır. Uyarılmışlıktan kurtulma tek bir basamakta olabileceği gibi birkaç basamakta da olabilir ve her bir geçişte seviyeler arası enerji farkına eşit değerde enerji taşıyan bir foton (karakteristik X-ışını) yayımlanır. Bunlar spektrumda karakteristik çizgiler denilen  $K\alpha$ ,  $K\beta$ ,  $L\ell$ ,  $L\alpha$ ,  $L\beta$ ,  $L\eta$ ,  $L\gamma$ ,  $M\alpha$ ,  $M\beta$ ,... çizgilerini oluştururlar (Şekil 2.11).



Şekil 2.11. Atom enerji seviyeleri ve karakteristik emisyonlar.

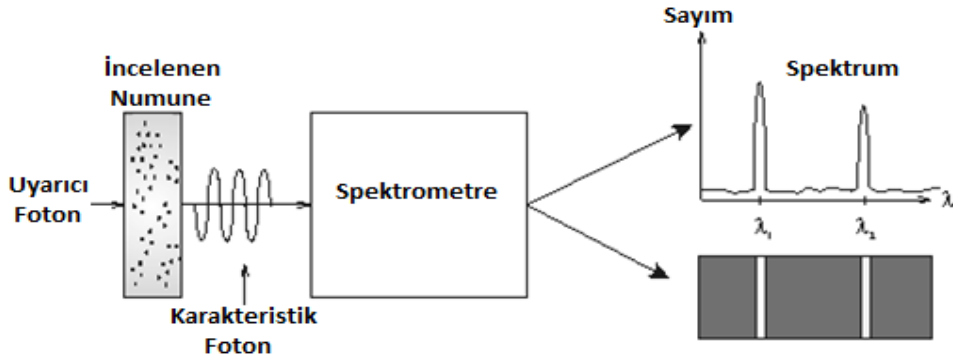
Bir atomun K kabuğunda meydana getirilen elektron boşluğu şayet L kabuğunda bulunan bir elektron tarafından doldurulacak olursa, böyle bir elektron geçişi sonucunda yayımlanan fotonun frekansı, karakteristik spektrumunun  $K\alpha$  çizgisine karşılık gelir. K kabuğundaki boşluk M kabuğundaki bir elektron tarafından doldurulursa  $K\beta$  çizgisine karşılık gelen fotonlar yayımlanır. Şayet hedef metali üzerine çarpan elektronların enerjileri K kabuğundan elektron sökecek kadar büyük değilse, L, M, N, ... kabuklarından birinden bir elektron sökülebilir ve bu kez K kabuğuna benzer olarak L kabuğunda meydana gelen boşluğun M, N,... kabuklarındaki elektronlarla doldurulması esnasında  $L\ell$ ,  $L\alpha$ ,  $L\beta$ , ... M kabuğu için  $M\alpha$ ,  $M\beta$ ,  $M\gamma$ , ... ve N kabuğu için  $N\alpha$ ,  $N\beta$ , ... çizgileri kısaca L, M ve N serileri ortaya çıkmış olur.

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

#### 3.1. X-Işını Flöresans Tekniği

17. yüzyılda Newton'nun güneş ışığının değişik renkteki bileşenlerden oluştuğunu ve bunların bir araya gelmesi ile tekrar beyaz ışığın oluştuğunu göstermesinden sonra, bilim insanları, maddeler tarafından yayımlanan sürekli ya da çizgi spektrumları şeklinde olan emisyon spektrumlarının özelliklerini araştırmaya başladılar. Bir maddenin emisyon spektrumu, maddenin bir örneğinin ısı veya başka bir şekilde enerji (elektromanyetik radyasyon, yüksek voltajda elektrik boşalımı v.b.) ile etkileşmesinden sonra gözlenebilir. Her elementin emisyon spektrumu farklıdır. Atomik spektrumlardaki karakteristik çizgiler, aynı insanların tanınmasında parmak izlerinin kullanımı gibi, bilinmeyen atomların kimyasal analizi için kullanılabilir. Eğer bilinmeyen bir maddenin emisyon spektrumundaki çizgiler bilinen bir maddeninkilerle tam bir uyum sağlıyorsa, o maddenin belirlenmesi için yeterlidir. Emisyon spektrometreleri ile atomların her çeşit emisyonunu tanımlamak mümkündür, bunlar temel olarak; elektronlar, X-ışınları ve ışık fotonlardır. Nitel (Kalitatif) ve nicel (Kantitatif) numune analizleri için kullanılan metotlardan bazıları; atomik yayımlama spektrometresi, atomik soğurma spektrometresi, optik emisyon spektrometresi, X-ışını Flöresans, X-ışını veya  $\gamma$ -ışını geçiş teknikleri ve kütle spektrometresidir. Bu spektrometrelerle elde edilen spektrumun farklı bölgelerinde yapılan spektroskopik çalışmalar bize atom veya molekülün farklı özellikleri hakkında bilgi verirler. Örneğin; morötesi bölgesi; moleküler bağ yapıları ve şekilleri, görünür bölge; elektronik geçişler ve maddelerin elektronik yapılarının durumu, kızıl ötesi ve uzak kızıl ötesi (Far – IR) bölgeleri ise moleküler bağların titreşim durumları ve moleküllerin dönme enerjileri hakkında bilgi verirler. Bu tür bilgilerin değerlendirilmesiyle incelenen örnek hakkında ayrıntılı bilgi edinilebilir. Bu metotlar arasından, X-ışını flöresans spektrometresi üzerinde duracağız.

Günümüzde *XRF* tekniği ile ilgili uygulamalar için pek çok spektrometre geliştirilmiştir. *X*-ışını spektrometrelerinin temel fonksiyonu karakteristik çizgi şiddetlerini ölçmek ve numuneden gelen çok enerjili şüayı ayırmaktır. *X*-ışını flöresans yöntemlerinde, bir *X*-ışını tüpünde numuneyi hedef alana yerleştirerek *X*-ışınları yayımlama (emisyon) spektrumunu elde etmek uygun gibi görünmekle birlikte, bunun birçok materyale uygulanmasındaki zorluklar nedeniyle çok başvurulan bir yöntem değildir. Bunun yerine, numunenin ışınlanması daha yaygın olarak *X*-ışınları tüpünden yayımlanan *X*-ışınları veya radyoaktif kaynaklardan sağlanan *X*-ışını ya da  $\gamma$ -ışını demetiyle yapılır. Bu durumda birincil *X*-ışınları numunedeki elementler tarafından soğurulurlar ve kendi karakteristik *X*-ışını flöresansını yayarlar. Bu işlem *X*-ışını flöresans veya yayım yöntemi olarak adlandırılır (Şekil 3.1). *X*-ışını flöresansı, atom numarası oksijenden büyük olan elementlerin kalite analizinde en çok kullanılan analitik yöntemlerden biridir.

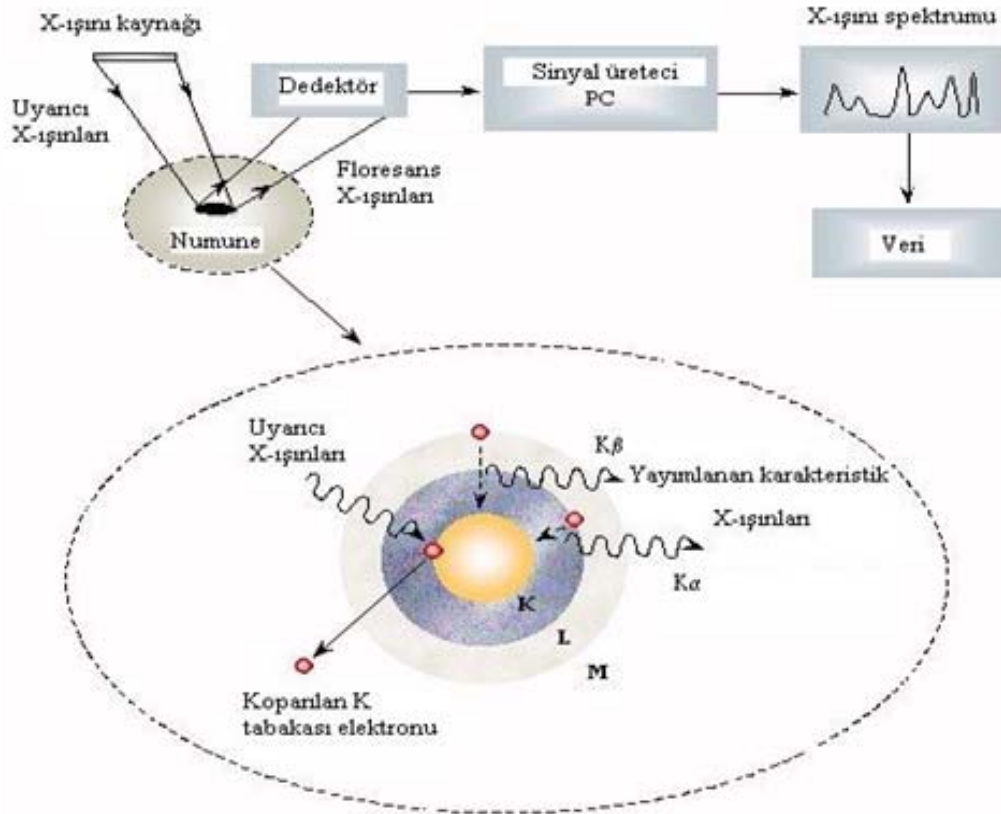


**Şekil 3.1.** *X*-ışını emisyon spektroskopisi.

Bir spektrometre yeterli rezolüsyona sahip olmanın yanında özellikle eser element analizlerinde istatistik bakımdan önemli ölçümler yapabilmek için temel sayma üzerinde yeterince büyük bir cevap sağlamalıdır. Ayrıca spektrometre ilgilenilen enerji veya dalga boyu bölgesinde ölçüm yapabilmek için imkânı sunmalıdır. Bu yüzden spektrometre seçiminde rezolüsyon (Bir spektrometrenin karakteristik çizgileri ayırabilme kabiliyetidir.), cevap fonksiyonu (karakteristik pik), temel sayma seviyesi ve enerji veya dalga boyu aralığı faktörleri önemlidir. Bu faktörler birbirinden bağımsız değildir. Mesela rezolüsyonu sabit tutmak mutlak pik şiddetinin düşmesine sebep olur.

Bütün bu özellikleri *XRF* analitik tekniğini kullanarak sağlayabiliriz. Bunun için *XRF* tekniği çok çeşitli numune analizlerinde tercih edilir.

*XRF* tekniğinin temel prensibi Şekil 3.2’de gösterilmiştir. Bir atom herhangi bir yöntemle uyarıldığında atomun bir iç tabaka elektronu koparılabilir. Atomun temel hale geçişi (de-excitation) sırasında daha dış tabakadaki bir elektron bu iç tabakadaki boşluğu doldurur. İki tabaka arasındaki enerji farkı bir *X*-ışını fotonu olarak atomdan yayımlanır. Karakteristik piklerin sayısı bir karakteristik *X*-ışını spektrumu oluşturur. Piklerin enerjileri numunedeki elementlerin enerjilerini (kalitatif analiz), piklerin şiddeti ise elementlerin konsantrasyonlarını (semi-kantitatif yada kantitatif analiz) verir. Tipik bir *XRF* spektrometre; bir primer radyasyon kaynağı (genellikle bir radyoizotop kaynak veya *X*-ışını tüpü) ve numuneden yayımlanan karakteristik *X*-ışınlarını (sekonder *X*-ışınları) saymak için kullanılan bir dedektör grubundan oluşur.



Şekil 3.2. *XRF* tekniği ve tipik *XRF* analiz düzeni.



*XRF* tekniğinin sağladığı avantajlar, dezavantajlar ve uygulama alanları incelendiğinde, sonuç aşağıdaki gibi özetlenebilir:

Bu tekniğin avantajları;

- *XRF* tekniği, toplu örneklerin elektrononik yapısını incelemek için kullanılan klasik bir tekniktir ve bu teknik geniş bilgi sağlaması açısından uygundur.
- *XRF* tekniği, tahribatsız olması, numunelerin kolay hazırlanması, geniş bir konsantrasyon aralığında kullanılabilmesi, kesinlik ve doğruluğun iyi olması, tekrarlanabilir olması açısından çok önemlidir.
- *XRF* tekniği, basit ve hızlı numune hazırlığıyla Berilyumdan (Be) Uranyuma (U) kadar olan element konsantrasyonlarını %100 ppm seviyesinin altında yüksek kesinlik ve doğruluk oranıyla vermektedir.
- *XRF* tekniği, elemental kompozisyonu belirlemede kullanılan önemli yöntemlerden biridir. Hızlılığı, duyarlılığı, kullanım kolaylığı ve malzemeye zarar özellikleri göz önüne alındığında teknolojik ve bilimsel araştırmadaki önemi daha da artmaktadır.
- *XRF* tekniği, her çeşit numunede, sıvı, katı ve toz farkı olmadan elemental analiz yapmak için kullanılan en iyi analitik tekniklerden birisidir.
- *XRF* tekniği, ucuz maliyet ve otomasyon kolaylığı sağlaması açısından önemlidir.

Bu tekniğin dezavantajları çok az olup şunlardır;

- Hafif elementlere duyarlılığın düşük olması,
- Elementler arası etkileşim nedeniyle düzeltme yapılması gereği (matriks etkisi),
- Cihazların pahalı olmasıdır.

Bu tekniğin uygulama alanları çok geniş olup bunlardan en önemlileri aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Atom-molekül, radyasyon, astrofizik ve temel fizik araştırmaları,
- Metalurjide alaşım analizleri,

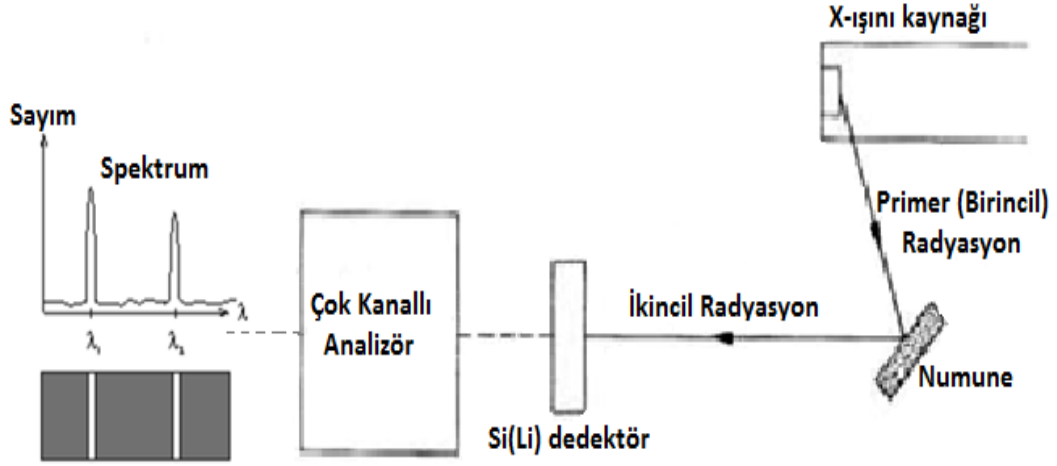
- Maden filizlerinin analizleri,
- Radyoaktif cevher analizleri,
- Endüstride, plastik, lastik, kağıt ve cam gibi maddelerde safsızlık analizleri,
- Petrol ürünleri, boya ve ince film analizleri,
- Kömürlerde kül, kalorifik değer, kükürt ve nem tayinleri,
- Çeşitli bitki örneklerinin incelenmesi,
- Çevre kirliliği analizleri,
- Arkeoloji araştırmaları ve ince metal foil, film kaplama kalınlıklarının tayinleri,
- Eczacılık, kimya ve tıbbi analiz uygulamalarında kullanılmaktadır.

Yukarıda saydığımız maddeler ışığında anlaşılıyor ki *XRF* analiz tekniği çok yararlı olup, bir çok alanda ilgilenilen numunelerin kantitatif ve kalitatif element analizleri için yaygın olarak kullanılmaktadır.

### 3.2. Enerji Ayırmalı X-Işını Flöresans Spektrometresi

Enerji dağılım spektrometreleri 1960'lerden sonra yüksek ayırım gücüne sahip katıhal dedektörlerinin geliştirilmesi ile ortaya çıkmıştır. Bu tür dedektörlerin ve dedektör elektroniğinin sayesinde değişik enerjilere sahip *X*-ışınlarının spektral çizgileri ayırt edilebilir. Bu spektrometrelerde *X*-ışını kaynağı olarak genelde bir *X*-ışını tüpü kullanılır, ancak masaüstü ve elde taşınabilen modellerinde  $^{55}\text{Fe}$ ,  $^{109}\text{Cd}$ ,  $^{244}\text{Cm}$ ,  $^{241}\text{Am}$  ve  $^{57}\text{Co}$  gibi radyoaktif izotoplar da kullanılabilir. Kullanılan dedektörler çoğunlukla sıvı azot veya peltier soğutmalı Si(Li) katıhal dedektörleridir. Elde taşınabilen cihazlarda p-i-n diyot dedektörleri yaygındır.

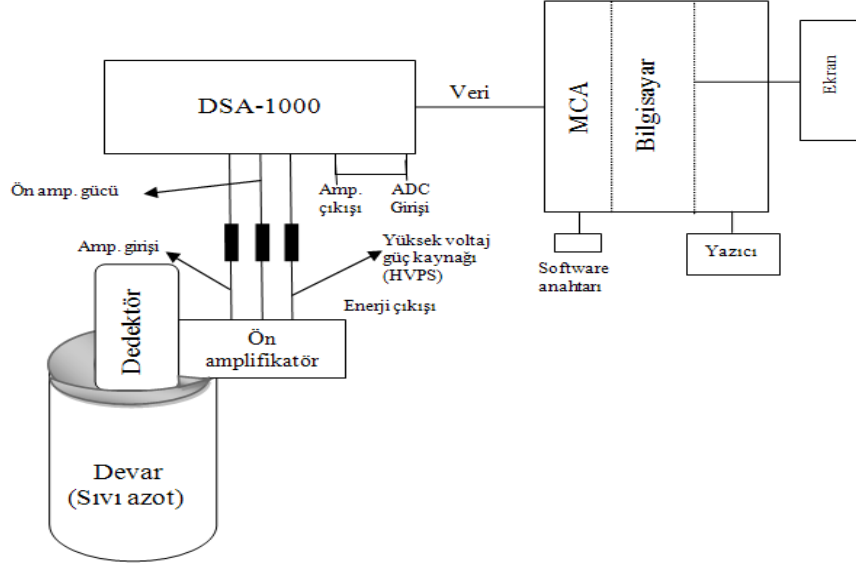
*X*-ışını kaynağından çıkan primer radyasyon numuneye gönderilir ve numuneden yayımlanan ikincil *X*-ışınları karakteristik çizgileri içerir. Bu spektrometrede difraksiyon yoktur. Dedektör tarafından algılanan ikincil radyasyon, enerjilerine göre, çok kanallı analizör ile (multi-channel analyzer) ayrılır (Şekil 3.3).



**Şekil 3.3.** Enerji ayırmalı X-ışını spektrometresi.

Bu çalışmada kullanılan enerji ayırmalı X-ışını spektrometresinin esas bileşenleri, X-ışını uyarıcı kaynak, Si(Li) katıhal sayacı, önyükseltici (preamplifier), yükseltici (amplifier), analog sayısal dönüştürücü (ADC), yüksek voltaj kaynağı (high voltage supplier), çok kanallı analizör (MCA), sistemin tüm birimlerini yöneten spektrumları alan ve değerlendirmede kullanılan Genie-2000 programının yüklü olduğu bir bilgisayar ve bilgisayar ile sistemin diğer birimleri arasında interface görevi yapan bir dangedan (software key) oluşmaktadır (Şekil 3.4).

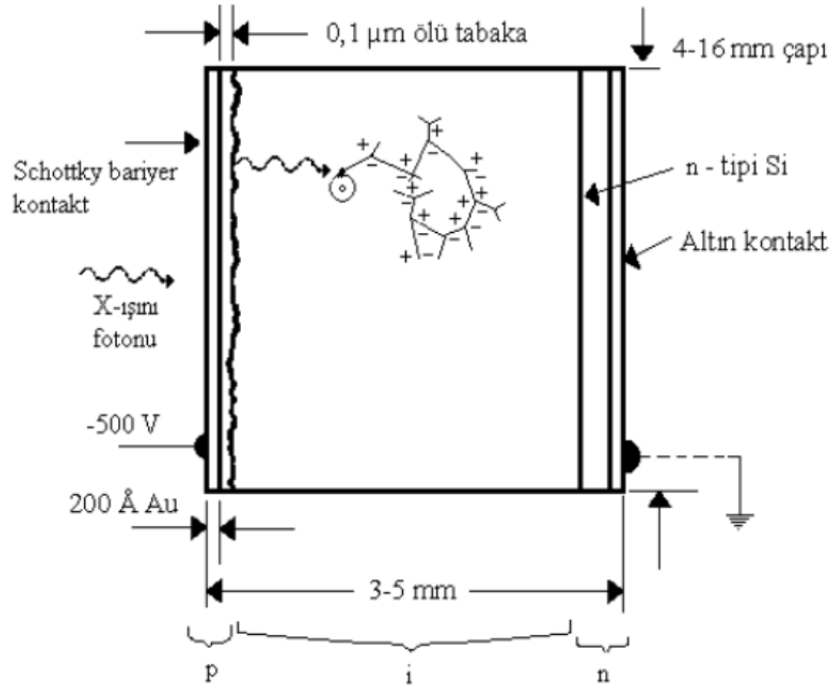
Kullandığımız DSA-1000 sayma sistemi, yüksek voltaj güç kaynağı, yükseltici, ADC ve MCA'yı ihtiva etmektedir. Yüksek voltaj güç kaynağı, amplifikatör ve ADC'nin koşulları Genie-2000 programı ile kontrol edilmektedir. DSA-1000, gelişmiş dijital sinyal proses teknikleriyle donanımlı çok kanallı bir analizördür. DSA-1000, sinyal prosesinin sonrasında sinyalleri sayısallaştıran dönüştürücü sistemlerden farklı olarak sinyal prosesinin öncesinde ön yükselticiden alınan sinyalleri sayısallaştırır. Analog devre sayısının azalmasıyla hassasiyet, yeniden üretilebilirlik ve kararlılığın artması sağlanmış olur. Dijital sinyal proseslerinin kullanımı pulsların daha hızlı ve hassas olarak işlenmesini sağlayarak sinyal toplama performansının ve spektrum rezolüsyonunun artmasını sağlar.



Şekil 3.4. Sayma sistemi.

### 3.2.1. Si(Li) dedektör

İncelemek istediğimiz elementlerin karakteristik  $X$ -ışını spektrumlarını elde etmek için araştırma alanlarına bağlı olarak çeşitli yarı iletken dedektörler kullanılmaktadır. Çalışmanın amacına göre dedektör seçiminde, dedektörün hassas olduğu enerji aralığı ve ayırma gücü gibi bir takım özellikler çalışma açısından oldukça önemlidir. Enerji ayırmalı  $X$ -ışını spektroskopisinde ayırma gücü en yüksek dedektörler yarı iletken dedektörlerdir. Çalışmamızda karakteristik  $X$ -ışınlarının enerjileri hem birbirine yakın değerlere hem de düşük enerji bölgesine düşen değerlere sahip olduğu için, yarı iletken dedektörlerden biri olan Si(Li) dedektörü kullanılmıştır. Karakteristik  $X$ -ışını şiddet ölçümlerinde kullanılan en önemli dedektörlerden biri lityum sürüklenmiş katihal dedektörü olup, pozitif ve negatif (p tipi ve n tipi) bölgeleri arasında intiristik (i-tipi) bölgeye sahip bir kristalden ibarettir (Şekil 3.5). Ayrıca böyle bir sayaç p-i-n tipi bir diyottur. İntiristik bölge, uygun şartlarda p-tipi germanyum (veya silisyum) içerisine lityum sürüklenmesiyle meydana gelmiştir. Dedektörün p-tipi tabakası aktif değildir ve sayma sistemine katkısı olmayan bu tabaka ölü tabaka olarak bilinir.

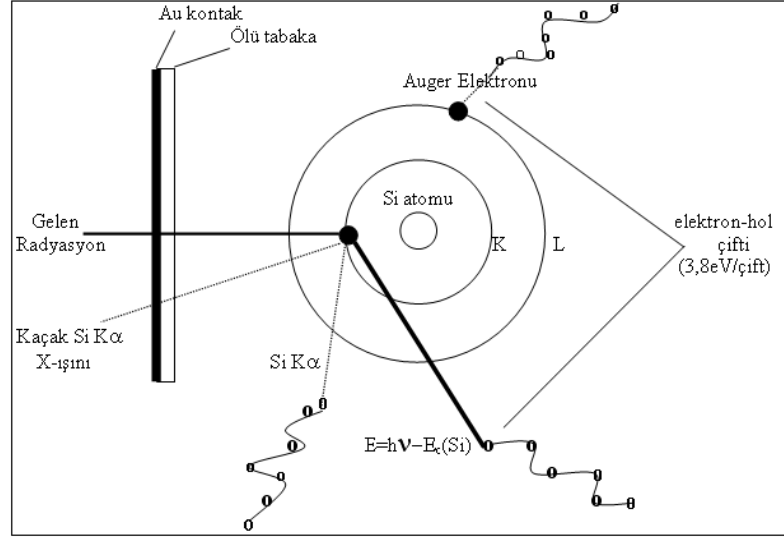


**Şekil 3.5.** Si(Li) katıhal yarıiletken dedektörünün şematik gösterimi.

Sayım için önemli bir faktör olan geometrik verimlilik, dedektörün alanı ile doğru orantılı, ancak ayırma gücü ile ters orantılıdır. Elektrotlar, lityum sürüklenmesiyle elde edilmiş silisyum yüzeyine yaklaşık olarak  $200 \text{ \AA}$  kalınlığında altın buharlaştırılmasıyla elde edilmiştir. Dedektör, en uygun ayırma gücünü elde etmek ve gürültüyü azaltmak için sıvı azot ( $-196^\circ\text{C}$ ) sıcaklığında tutulmaktadır ve dış yüzeyden gelebilecek yüzey kirlenmesini önlemek için  $0,008 \text{ mm}$  kalınlığında berilyum pencere ile koruma altına alınmıştır.

$E$  enerjili bir foton dedektörün aktif alanına düştüğünde silisyum atomlarıyla etkileşir. Bu etkileşme neticesinde oluşan fotoelektronlar dedektör içerisinde hareket ederken, yolları boyunca elektron-hole (boşluk) çiftleri meydana getirirler. Bu olay, fotoelektronun enerjisi artık elektron-hole çiftleri meydana getirmeye yetmeyecek duruma gelinceye kadar devam eder. Si(Li) dedektörüne yaklaşık  $-500$  voltluk ters besleme potansiyeli uygulanır. Meydana gelen elektrik alanı, fotonların oluşturduğu elektron-hole yüklerini toplar. Ters beslemeden dolayı elektronlar n-tipi bölgeye, boşluklar p-tipi bölgeye sürüklenir ve dedektör içine gelen fotonun enerjisi ile orantılı

olarak elektron-hole çiftleri oluşur. n ve p tipi bölgelerde, elektrik alan vasıtasıyla toplanan yükler, akım pulsundan potansiyel pulsuna dönüştürülür. Deney sisteminde kullanılan elektronik sistem vasıtasıyla, potansiyel pulsu, puls yükseklik analizöründe enerjisine karşılık gelen kanala yerleştirilir. Bir Si(Li) dedektörün çalışma prensibi Şekil 3.6'da verilmiştir.



Şekil 3.6. Si(Li) dedektörde X-ışını dedeksiyon işlemi.

Gelen radyasyon dedektördeki Si atomlarının iyonize olmasına neden olur. Gelen radyasyonun enerjisi, bir elektron hol çifti oluşturabilmek için gerekli olan  $E_c=3,8eV$ 'dan büyük olmalıdır.

### 3.2.2. Yüksek voltaj kaynağı (High voltage supplier)

Dedektörde oluşan yükleri toplamak için dedektöre yüksek gerilim uygulanmaktadır. Uygulanan dc gerilimi -500 V ile -1500 V aralığında değişmektedir. En iyi çalışma gerilimi deneyci tarafından önceden belirlenmektedir ve bu gerilim küçük bir dedektör için birkaç yüz volt, büyük bir dedektör için beş bin volta kadar değişebilir. Genie-2000 programında dedektör üzerine uygulanabilecek maksimum gerilim -500 V'a ayarlanmış olup deney süresince uygulanan bu gerilim sabit tutulmaktadır.

### 3.2.3. Ön yükseltici (Preamplifier)

Yarı iletken dedektörler ile yüke hassas bir ön yükseltici kullanılır. Elektronik gürültüyü minimize etmek için, genellikle bir alan etkili transistör (*FET*) olan ön yükselticinin girişi dedektör ile birlikte sıvı azot içerisinde muhafaza edilir. Ön yükseltici dedektörden gelen yükü voltaj pulsuna dönüştürür. Ön yükselticiden çıkan pulsların yükseklikleri veya genlikleri dedektörde toplanan yük miktarı eğer fotonun bütün enerjisi dedektörde soğurulmuş ise fotonun enerjisi ile orantılı olmalıdır.

### 3.2.4. Yükseltici (Amplifier)

Bir yükselticinin birinci görevi; ön yükselticinin çıkış puls genliklerini ayırt etmek ve sayılması için uygun voltaj seviyelerine yükseltmek, ikinci görevi ise; pulsları, puls genliği ve  $X$ -ışını fotonu arasındaki orantılı ilişkiyi aynen koruyarak işleme uygun bir hale getirmektir. Kullanıcı puls genişliğini belirleyen şekillendirme zamanı (shaping time) sabitinin seçimine dikkat etmelidir. Bir spektrumdaki pikler için en iyi rezolüsyon genellikle daha uzun zaman sabitiyle elde edilebilir. Çünkü, sistem daha uzun bir zaman üzerinden gürültünün ortalamasını alabilir. Bununla birlikte, daha uzun zaman sabitleri yüklerin daha fazla rastgele toplanmasına neden olur (Debertin and Helmer 1988).

### 3.2.5. Analog sayısal dönüştürücü (*ADC*)

Analog sayısal dönüştürücünün görevi yükselticiden gelen analog pulsunu, onun genliğiyle orantılı bir tam sayıya çevirmektir. Ön yükselticiden gelen potansiyel pulsları liner yükselticide büyütüldükten sonra *ADC*'ye gönderilirler. *ADC*'de analog işlemleri yapılan bu pulslar çok kanallı analizöre gönderilir ve orada enerjilerine karşılık gelen kanallarda sayılırlar. Bu sayımlar sonucu sayacın ayırma gücüyle ilgili olarak aynı enerjili karakteristik  $X$ -ışınları bir pik oluştururlar. Bu pikler bir araya geldiğinde enerjiye veya dalga boyuna karşı şiddet desenleri oluştururlar ki bu desene  $X$ -ışını spektrumu denir.

### 3.2.6. Çok kanallı analizör (MCA)

Çok kanallı analizör (MCA) sayısal hale getirilmiş pulsları uygun gelen kanallara yerleştirir ve bilgisayar hafızasına kaydeder. Her kanal kalibrasyon işlemiyle belirlenmiş olan belli bir enerji aralığına düşen pulsları sayar.

### 3.3. Numunelerin Hazırlanması ve Deney Geometrisi

Bu çalışmada dış manyetik alanın valens elektron yapısına etkisi; saf Fe, saf Ni ve bazı demir-nikel alaşımları üzerinde çalışılarak araştırılmıştır. Kullanılan alaşımlar,  $Fe_xNi_{1-x}$  yapısındaki ve  $x=0,20; 0,40; 0,52; 0,55; 0,61$  ve  $0,64$  değerlerindeki geçiş metal alaşımlarıdır. Bu çalışmada kullanılan numuneler; saf Fe, saf Ni geçiş metalleri ve  $Fe_{0,2}Ni_{0,8}$ ,  $Fe_{0,4}Ni_{0,6}$ ,  $Fe_{0,52}Ni_{0,48}$ ,  $Fe_{0,55}Ni_{0,45}$ ,  $Fe_{0,61}Ni_{0,39}$  ve  $Fe_{0,64}Ni_{0,36}$  çapı 13mm olan foil şeklindeki geçiş metal alaşımlarından oluşmaktadır.

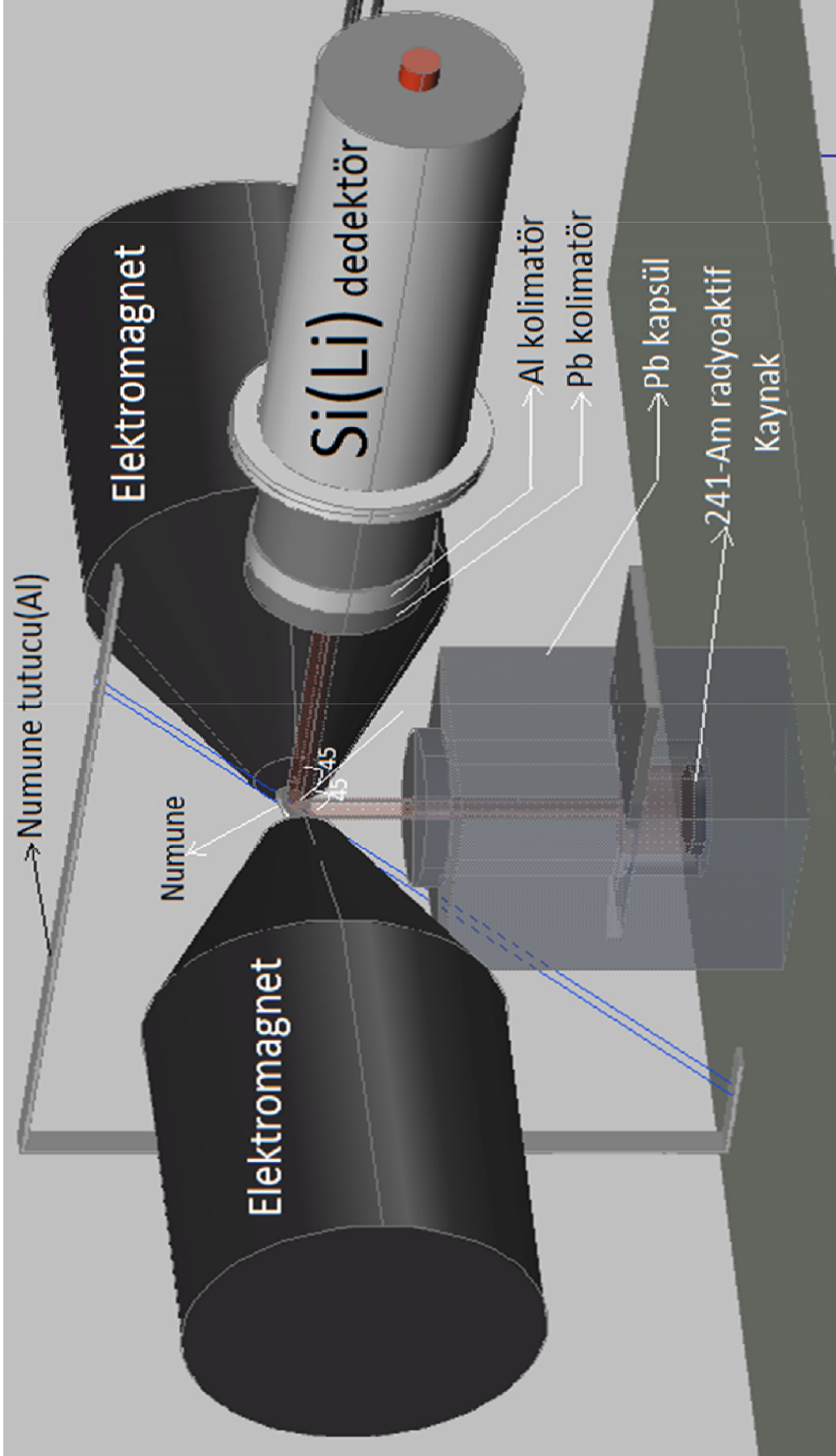
Numunelerin hazırlanması sırasında gelebilecek her türlü zararı ve hatayı en aza indirgeyecek araç-gereçler kullanılmıştır. Hazırlanan numuneler hassasiyeti yüzbinde bir olan hassas bir terazi ile tartılmıştır. Çalışmada kullanılan geçiş elementlerinin ve geçiş metal alaşımlarının bazı özellikleri Çizelge 3.1’de verilmiştir.

**Çizelge 3.1.** Çalışmada kullanılan numunelerin özellikleri.

Numune	Kalınlık (mm)	Kütle (gram)	Çap (mm)	Kütle kalınlığı ( $g/cm^2$ )
Fe	0,025	0,02759	13	0,0208
Ni	0,010	0,01094	13	0,0083
$Fe_{0,20}Ni_{0,80}$	1,000	1,13861	13	0,8578
$Fe_{0,40}Ni_{0,60}$	0,500	0,25205	13	0,1899
$Fe_{0,52}Ni_{0,48}$	0,750	0,78242	13	0,5895
$Fe_{0,55}Ni_{0,45}$	0,100	0,11405	13	0,0859
$Fe_{0,61}Ni_{0,39}$	0,250	0,26433	13	0,1992
$Fe_{0,64}Ni_{0,36}$	0,020	0,02164	13	0,0163



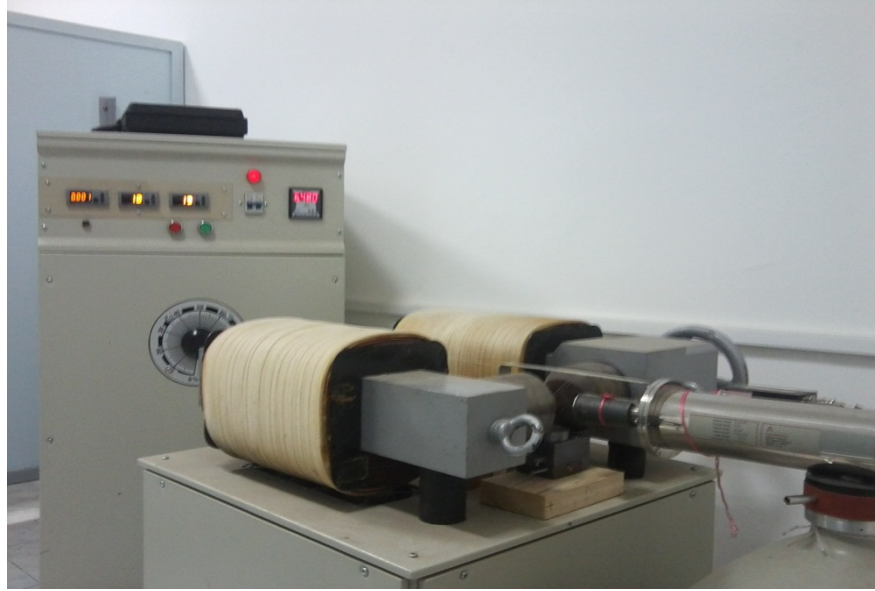
Karakteristik  $X$ -ışınlarının şiddetlerini, hem sayma hem de uyarma bakımından etkileyen önemli faktörlerden biri de deney geometrisidir. *EDXRF* sisteminde dış manyetik alanın etkisini belirleyebilmek için Şekil 3.7'de gösterilen deney geometrisi kullanılmıştır. Deney geometrisinin üstten görünüşü Şekil 3.8'de ve deney geometrisinin yandan görünüşü Şekil 3.9'da verilmiştir. Bu geometride  $K$   $X$ -ışınlarının uyarılabilmesi için şiddeti 200 mCi olan  $^{241}\text{Am}$  radyoizotop kaynak kullanılmıştır. Kaynaktan yayımlanan  $\gamma$ -ışınlarının numune üzerine mümkün olduğunca paralel bir demet halinde gelmesi için, Pb kapsül (kolimatör) kullanılmıştır.  $^{241}\text{Am}$  radyoizotop kaynağa ait ışınma şeması Şekil 3.10'da verilmiştir. Numuneden yayımlanan karakteristik  $X$ -ışınlarının küçük bir katı içerisinde dedektörü görmesi ve  $^{241}\text{Am}$  radyoizotop kaynaktan yayımlanan  $\gamma$ -ışınlarının ise dedektörü doğrudan görmesini engellemek için Pb ve Al içeren dedektör kolimatörü kullanılmıştır. Deney geometrisinde kaynak numune arası mesafe 7,3 cm, dedektör-numune arası mesafe 5,6 cm ve elektromıknatısın magnetleri arası mesafe 1,44 cm olacak şekilde ayarlanmıştır. Bu değerler deney süresince sabit tutulmuştur.



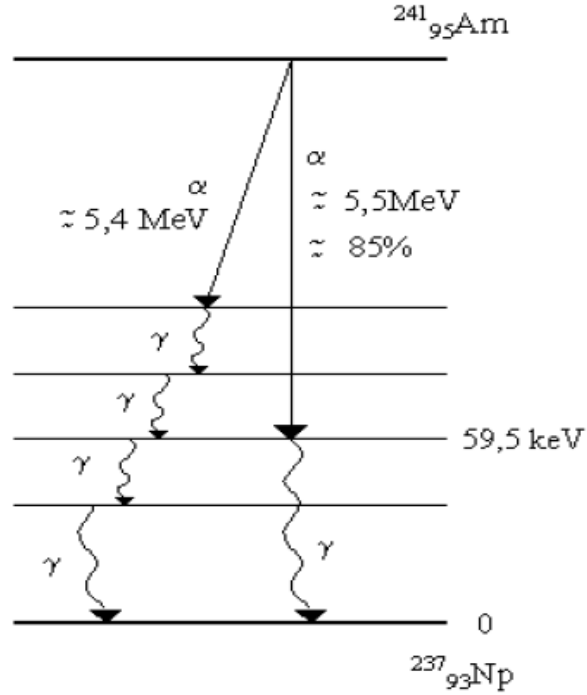
Şekil 3.7. Deney geometrisi.



**Şekil 3.8.** Deney geometrisinin üstten görünüşü.



**Şekil 3.9.** Deney geometrisinin yandan görünüşü.



**Şekil 3.10.**  $^{241}_{95}\text{Am}$  radyoizotop kaynağın ışınma şeması.

Maksimum sayım elde edebilmek için kaynak-numune ile numune dedektör arasındaki açı  $45^\circ$  olarak belirlenmiştir. Numuneler, elektromıknatısın kutuplarının arasında orta noktada bulunan bir numune tutturucusuna yerleştirilmiştir. Önce manyetik alanın uygulanmadığı durumda, sonrasında ise 0,5 ve 1,0 Tesla'lık alan şiddetlerinde ölçümler alınmıştır. Uygulanan manyetik alanın değeri, F. W. Bell Gauss/Teslametre ile ölçülmüştür. Çalışma sırasında elektromıknatısın ısınmasından dolayı manyetik alanda meydana gelen dalgalanmayı minimuma indirmek için, ölçüm boyunca elektromıknatısın kendi kontrol ünitesi olan ampermetre değeri hep aynı tutulmuştur. Manyetik alandaki dalgalanma  $0,015\ T$  olarak ölçülmüştür. Elektromıknatısın kutuplarından saçılmanın ve kutuplardan yayımlanan karakteristik X-ışınlarının ölçüme getireceği etkiyi belirlemek için boş sayımlar alınarak net sayımlar elde edilmiştir. Alınan ölçümler Mathlab 7 programında yazılan ve "Genie 2000" programının formatına göre elde edilmiş ham verileri bir "text dosyası" formatına çeviren bir program vasıtasıyla text dosyasına dönüştürülerek, Microcal OriginPro 7.5 programında çizdirilmiştir. Bu program ve onun bünyesinde yer alan "PFM" (Peak Fitting Module) kullanılarak piklerin enerjileri ve net alanları belirlenmiştir.

### 3.4. K Tabakası X-Işını Şiddet Oranlarının Belirlenmesi

K tabakası soğurma kıyısından büyük enerjilere sahip fotonlarla uyarılan elementlerin K tabakasının fotoiyonizasyonu ile oluşan boşlukların doldurulması sonucu yayımlanan karakteristik K X-ışınlarının  $\sigma_{K_i}$  ( $i = \alpha, \beta$ ) flöresans tesir kesitleri, K tabakasına ait atomik parametreler kullanılarak teorik olarak;

$$\sigma_{K_i} = \sigma_{K_i}(E) \omega_K F_{K_i} \quad (i = \alpha, \beta) \quad (3.1)$$

ifadesinden belirlenebilir. Burada  $\sigma_{K_i}(E)$ ; elementin K tabakası için E uyarma enerjisindeki fotoiyonizasyon tesir kesiti (Scofield 1973) ve  $\omega_K$ ; K tabakası flöresans verimidir (Hubbell 1994).  $F_{K_i}$ ;  $K_i$  X-ışınları için kısmi emisyon hızı (yayınlanma oranı) olup,  $K_\alpha$  ve  $K_\beta$  X-ışınları için;

$$F_{K_\alpha} = [1 + (I_{K_\beta} / I_{K_\alpha})]^{-1} \quad (3.2)$$

$$F_{K_\beta} = [1 + (I_{K_\alpha} / I_{K_\beta})]^{-1} \quad (3.3)$$

şeklinde ifade edilirler.  $I_{K_\beta} / I_{K_\alpha}$  değerleri Scofield (1974)'in tablosundan alınmıştır.

XRF tekniğinde herhangi bir karakteristik  $K_i$  X-ışını flöresans tesir kesiti deneysel olarak;

$$\sigma_{K_i} = N_{K_i} [I_0 G \varepsilon_{K_i} \beta_{K_i} t]^{-1} \quad (3.4)$$

ifadesi ile belirlenebilir. Burada  $N_{K_i}$  ( $i = \alpha, \beta$ ); ilgilenilen pikin altındaki net sayım,  $I_0$ ; uyarıcı radyasyonun şiddeti,  $G$ ; geometri faktörü,  $\varepsilon_{K_i}$ ;  $K_i$  X-ışını grubu için dedektör verimi,  $t$ ; numunenin kütle kalınlığı ( $\text{g/cm}^2$ ) ve  $\beta_{K_i}$ ; uyarıcı fotonlar ve yayımlanan

karakteristik K X-ışını fotonlarının numunede soğurulmalarını hesaba katan öz soğurma düzeltme faktörüdür ve aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$\beta_{K_i} = \frac{1 - \exp[-(\mu_i/\cos\theta_1 + \mu_e/\cos\theta_2)t]}{(\mu_i/\cos\theta_1 + \mu_e/\cos\theta_2)t} \quad (3.5)$$

Burada,  $\mu_i$  ve  $\mu_e$ ; sırasıyla uyarıcı fotonlar ve yayımlanan karakteristik X-ışınları için kütle soğurma katsayılarıdır ( $\text{cm}^2/\text{g}$ ).  $\theta_1$  ve  $\theta_2$ ; sırası ile uyarıcı fotonların ve yayımlanan X-ışınlarının çalışılan geometride numune yüzeyinin normali ile yaptıkları açılarıdır ve bu çalışmada  $\theta_1=45^\circ$  ve  $\theta_2=45^\circ$  dir.  $t$ ; numunenin kütle kalınlığı olup  $\text{cm}^2/\text{g}$  olarak verilir.  $\mu_i$  ve  $\mu_e$  değerleri WinXCOM (Gerward *et al.* 2001) programı kullanılarak hesaplanmıştır. (3.4) ifadesinde yer alan  $I_0$ ,  $G$  ve  $\varepsilon_{K_i}$ 'nin ayrı-ayrı ölçülmesi veya hesaplanması oldukça zor ve zaman alıcıdır. Fakat bunların çarpımı olan  $I_0G\varepsilon_{K_i}$ , ilgili enerji bölgesinde çizgileri olan çeşitli elementlerin K X-ışınlarının şiddetleri (tepe net alanları) ölçülmek suretiyle belirlenebilir. Bu ölçüler asıl ölçülerin alındığı deney geometrisi ve ortam şartları muhafaza edilerek alınmalıdır. (3.4) ifadesinden hareketle;

$$I_0G\varepsilon_{K_i} = N_{K_i} [\sigma_{K_i} \beta_{K_i} t]^{-1} \quad (3.6)$$

yazılabilir.  $\sigma_{K_i}$ 'nin (3.1) ifadesinden hesaplanan değerleri, farklı uyarma enerjileri için (3.6) ifadesinde kullanılırsa, herhangi bir enerji için  $I_0G\varepsilon$  değeri belirlenebilir. Bu değerler uyarma enerjisi  $E$ 'nin bir fonksiyonu olarak çizilirse, bu grafikten asıl ölçülerde kullanılan uyarıcı foton enerjisindeki  $I_0G\varepsilon$  değeri bulunabilir. Esasen  $I_0G\varepsilon$  enerjinin fonksiyonu olarak

$$E_{K_\alpha}^3 \log(I_0G\varepsilon) = A_0 + A_1 \cdot E_{K_\alpha} + A_2 \cdot E_{K_\alpha}^2 + A_3 \cdot E_{K_\alpha}^3 \quad (3.7)$$

bağıntısına fit edilebilir. Burada  $E_{K_\alpha}$ ; X-ışını enerjisi,  $A_0$ ,  $A_1$ ,  $A_2$  ve  $A_3$ ; en küçük kareler metodundan bulunabilecek sabitlerdir. Bu şekilde bulunan fit edilmiş değerlerle deneysel değerler arasındaki fark %2'den küçüktür. Aslında bu farkın önemli bir kısmı

$K$  veya  $K_\alpha$  tepesinin tek enerjili tepe olmamasından, dolayısıyla enerji için hesaplanan ortalama değerin enerjiyi tam temsil etmemesinden kaynaklanmaktadır (Han 2009).

Buna göre  $I_{K_\beta}/I_{K_\alpha}$  K X-ışını şiddet oranları için (3.4) ifadesinden hareketle;

$$\frac{I_{K_\beta}}{I_{K_\alpha}} = \frac{N_{K_\beta} \beta_{K_\alpha} \varepsilon_{K_\alpha}}{N_{K_\alpha} \beta_{K_\beta} \varepsilon_{K_\beta}} \quad (3.8)$$

eşitliği yazılabilir. Burada  $N_{K_\beta}$ ,  $N_{K_\alpha}$ ; ilgili piklerinin altındaki net sayım,  $\beta_{K_\beta}$ ,  $\beta_{K_\alpha}$ ; numunenin ilgilenilen çizgileri için öz soğurma düzeltme katsayıları ve  $\varepsilon_{K_\alpha}$ ,  $\varepsilon_{K_\beta}$ ; ilgili K X-ışınları için dedektör verimleridir.

#### 4. ARAŞTIRMA ve BULGULAR

Bu çalışmada; saf Fe, saf Ni ve  $Fe_xNi_{1-x}$  ( $x= 0,20; 0,40; 0,52; 0,55; 0,61$  ve  $0,64$ ) geçiş metal alaşımlarının K tabakası X-ışınları,  $^{241}Am$  radyoizotop kaynaktan yayımlanan  $59,54$  keV'lik  $\gamma$ -ışınları uyarımı ile ölçülmüştür. Bu ölçümler, sırasıyla dış manyetik alanın  $B=0$  T,  $B=0,5$  T,  $B=1$  T şiddetlerinde ve aynı deney geometrisinde yapılmıştır. Elde edilen ölçüm sonuçlarına göre:

Alaşımları oluşturan geçiş metallerinin konsantrasyonlarındaki değişimlere bağlı olarak alaşımlardan elde edilen K X-ışını spektrumları saf metallerle kıyaslamalı olarak grafikler halinde manyetik alanın  $B=0$  T şiddeti için Şekil 4.4'de, manyetik alanın  $B=0,5$  T şiddeti için Şekil 4.5'de, manyetik alanın  $B=1$  T şiddeti için Şekil 4.6'da verilmiştir.

Ölçüm sonuçlarının tüm numuneler için hesaplanmasıyla elde edilen  $K_{\beta}/K_{\alpha}$  X-ışını şiddet oranları ( $N_{K\beta}/N_{K\alpha}$ ; herhangi bir düzeltme işlemine tabi tutulmamış şiddet oranları,  $I_{K\beta}/I_{K\alpha}$ ; gerekli düzeltme işlemi yapıldıktan sonraki şiddet oranları ve  $R_{K\beta}/R_{K\alpha}$ ; alaşımlar için pür metallerle göre normalize edilmiş şiddet oranları), manyetik alanın  $B=0$  T şiddeti için Çizelge 4.1'de, manyetik alanın  $B=0,5$  T şiddeti için Çizelge 4.2'de, manyetik alanın  $B=1$  T şiddeti için Çizelge 4.3'de verilmiştir.

Alaşımları oluşturan ilgili metaller için deneysel olarak elde edilen  $I_{K\beta}/I_{K\alpha}$  şiddet oranları bu metallerin farklı elektron konfigürasyonları için *MCDF* hesaplamaları sonucu elde edilmiş değerler ile karşılaştırmalı bir şekilde grafiksel olarak, manyetik alanın  $B=0$  T şiddeti için Şekil 4.7'de manyetik alanın  $B=0,5$  T şiddeti için Şekil 4.8'de, manyetik alanın  $B=1$  T şiddeti için Şekil 4.9'da verilmiştir.

Alaşımları oluşturan geçiş metalleri için  $3d$  elektronlarının sayısı ( $n_{3d}$ ),  $4s$ ,  $4p$  elektronlarının toplam sayısı ( $n_{4s,4p}$ ), saf metale kıyasla  $3d$  elektron sayısındaki değişimler ( $Dn_{3d}$ ); hesaplanan  $I_{K\beta}/I_{K\alpha}$  X-ışını şiddet oranları kullanılarak belirlenmiş ve alaşımlar için  $3d$  ve  $4s$ ,  $4p$  elektronlarının toplam sayıları  $Tn_{3d}$  ve  $Tn_{4s,4p}$ , saf metaller

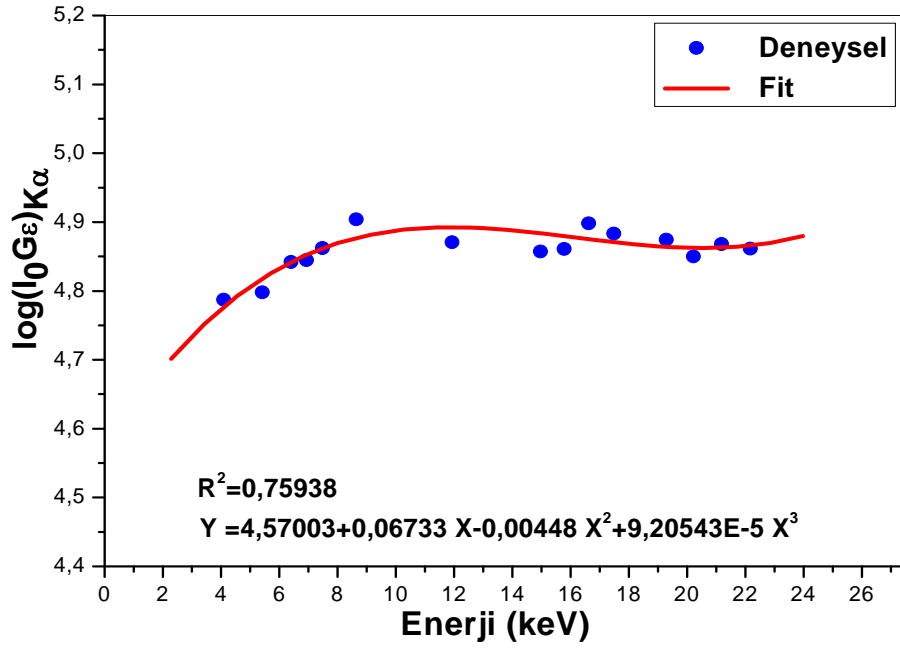


için ölçülen değerlerin alaşımlar için ağırlıklı toplamından elde edilen  $3d$  ve  $4s$ ,  $4p$  elektronlarının toplam sayıları  $Tn_{3d}^*$  ve  $Tn_{4s,4p}^*$  ile birlikte çizelgeler halinde, manyetik alanın  $B=0 T$  şiddeti için Çizelge 4.4'de, manyetik alanın  $B=0,5 T$  şiddeti için Çizelge 4.5'de, manyetik alanın  $B=1 T$  şiddeti için Çizelge 4.6'da verilmiştir.

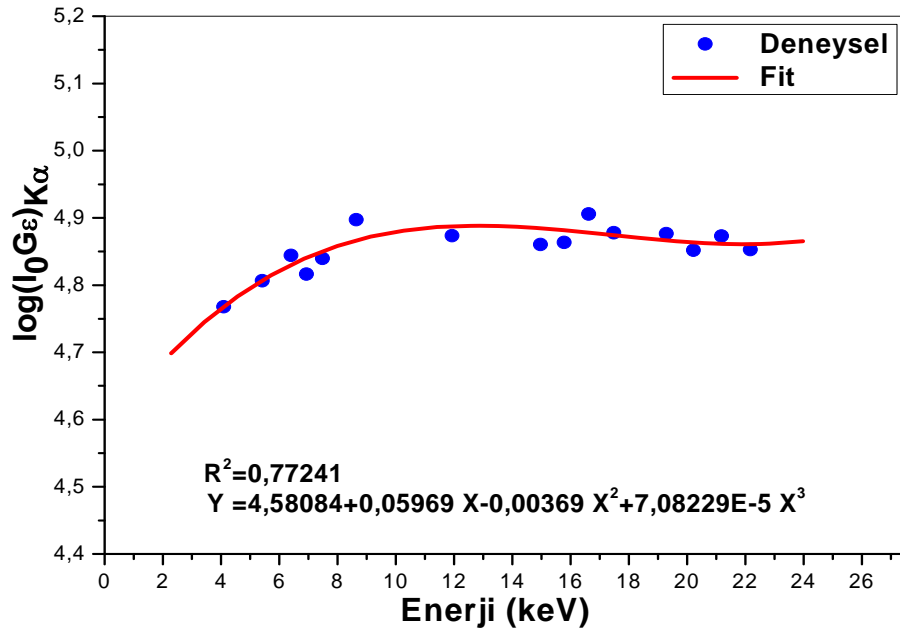
Alaşımı oluşturan metaller için  $3d$  elektron sayılarının metallerin alaşımdaki kendi konsantrasyonlarına bağlı değişim grafikleri, manyetik alanın  $B=0 T$  şiddeti için Şekil 4.10'da, manyetik alanın  $B=0,5 T$  şiddeti için Şekil 4.11'de, manyetik alanın  $B=1 T$  şiddeti için Şekil 4.12'de verilmiştir.

Alaşımı oluşturan metallerin  $3d$  elektron sayılarında meydana gelen rölatif değişim (pür metallere kıyasla) grafikleri elementlerin alaşımdaki kendi konsantrasyonlarına bağlı olarak çizilmiştir. Bu grafikler, manyetik alanın  $B=0 T$  şiddeti için Şekil 4.13'de, manyetik alanın  $B=0,5 T$  şiddeti için Şekil 4.14'de, manyetik alanın  $B=1 T$  şiddeti için Şekil 4.15'de verilmiştir.

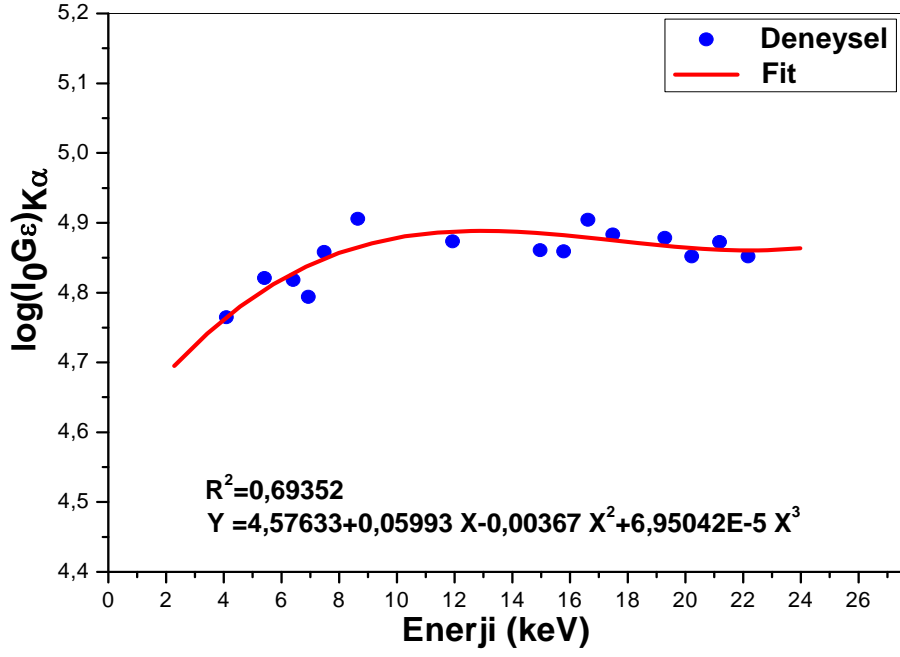
Şiddet oranlarını belirlemek için (3.1-8) denklemlerinden yararlanılmıştır. K  $X$ -ışını şiddet oranlarını hesaplamak için gerekli olan verim faktörünü ( $I_0G\varepsilon$ ) elde etmek için ana ölçülerin alındığı deney geometrisinde aynı deney koşulları muhafaza edilerek ilgili enerji bölgesine düşen Sc, Cr, Fe, Co, Ni, Zn, Br, Y, Zr, Nb, Mo, Ru, Rh, Pd ve Ag elementlerinin K  $X$ -ışınları ölçülmüş ve bu elementlerden elde edilen  $K_\alpha$   $X$ -ışını şiddetlerinden faydalanılmıştır. Bu şekilde elde edilen  $I_0G\varepsilon$  değerlerinin enerjiye göre değişimi, manyetik alanın  $B=0 T$  şiddeti için Şekil 4.1'de, manyetik alanın  $B=0,5 T$  şiddeti için Şekil 4.2'de, manyetik alanın  $B=1 T$  şiddeti için Şekil 4.3'de verilmiştir.



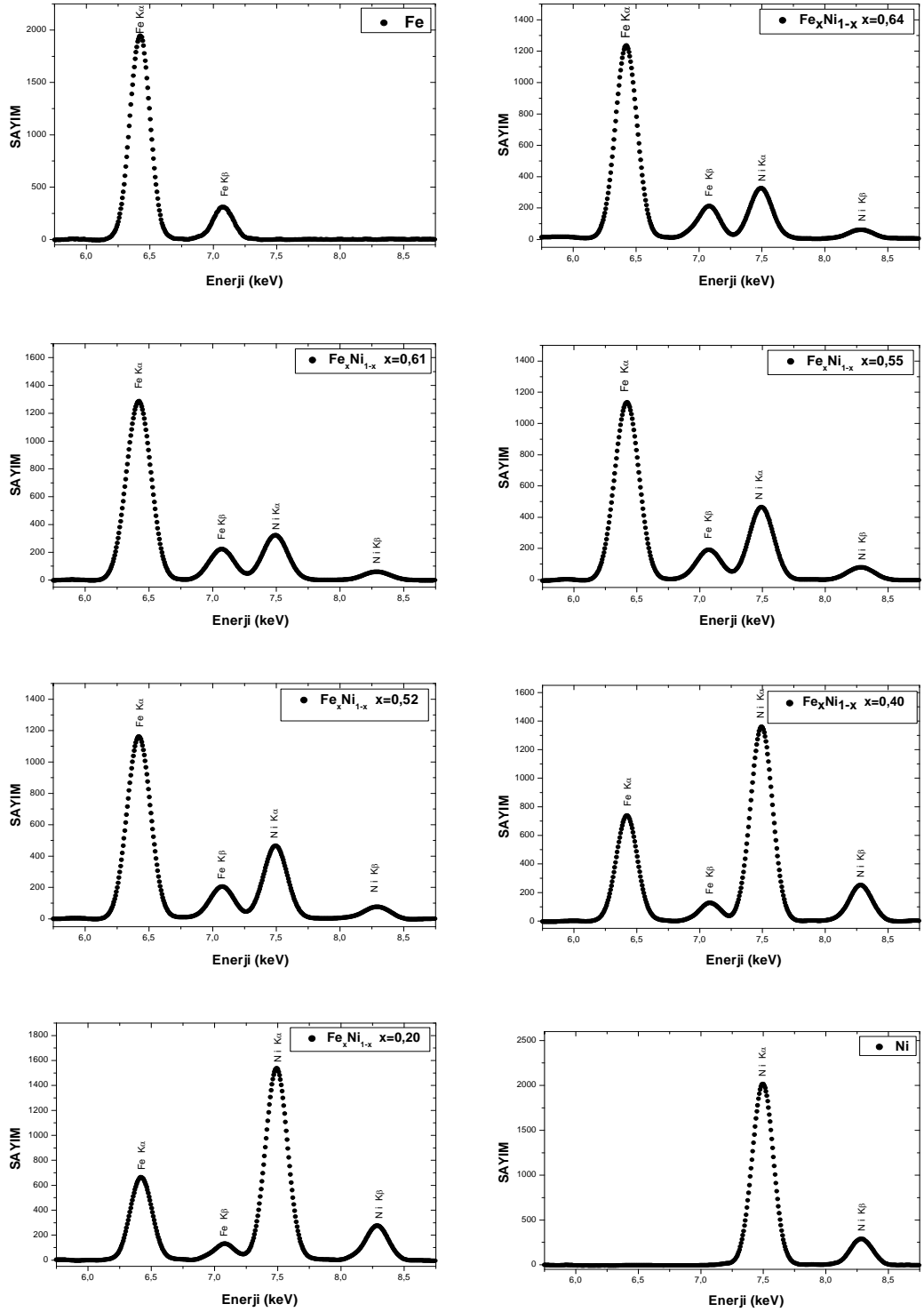
Şekil 4.1.  $B=0 T$  için, K X-ışını şiddet oranlarını hesaplamak için  $I_0 G \varepsilon$  değerleri.



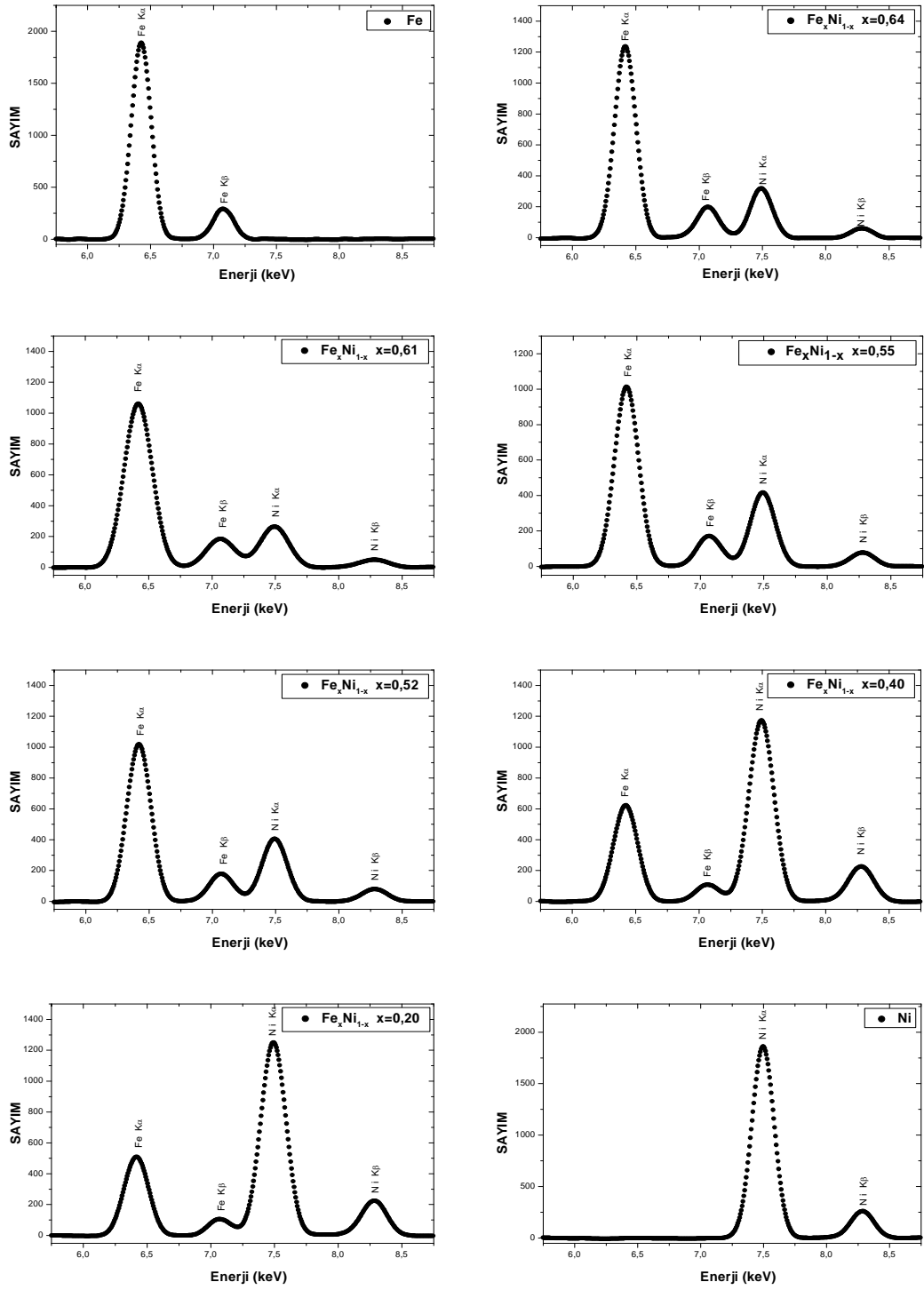
Şekil 4.2.  $B=0,5 T$  için, K X-ışını şiddet oranlarını hesaplamak için  $I_0 G \varepsilon$  değerleri.



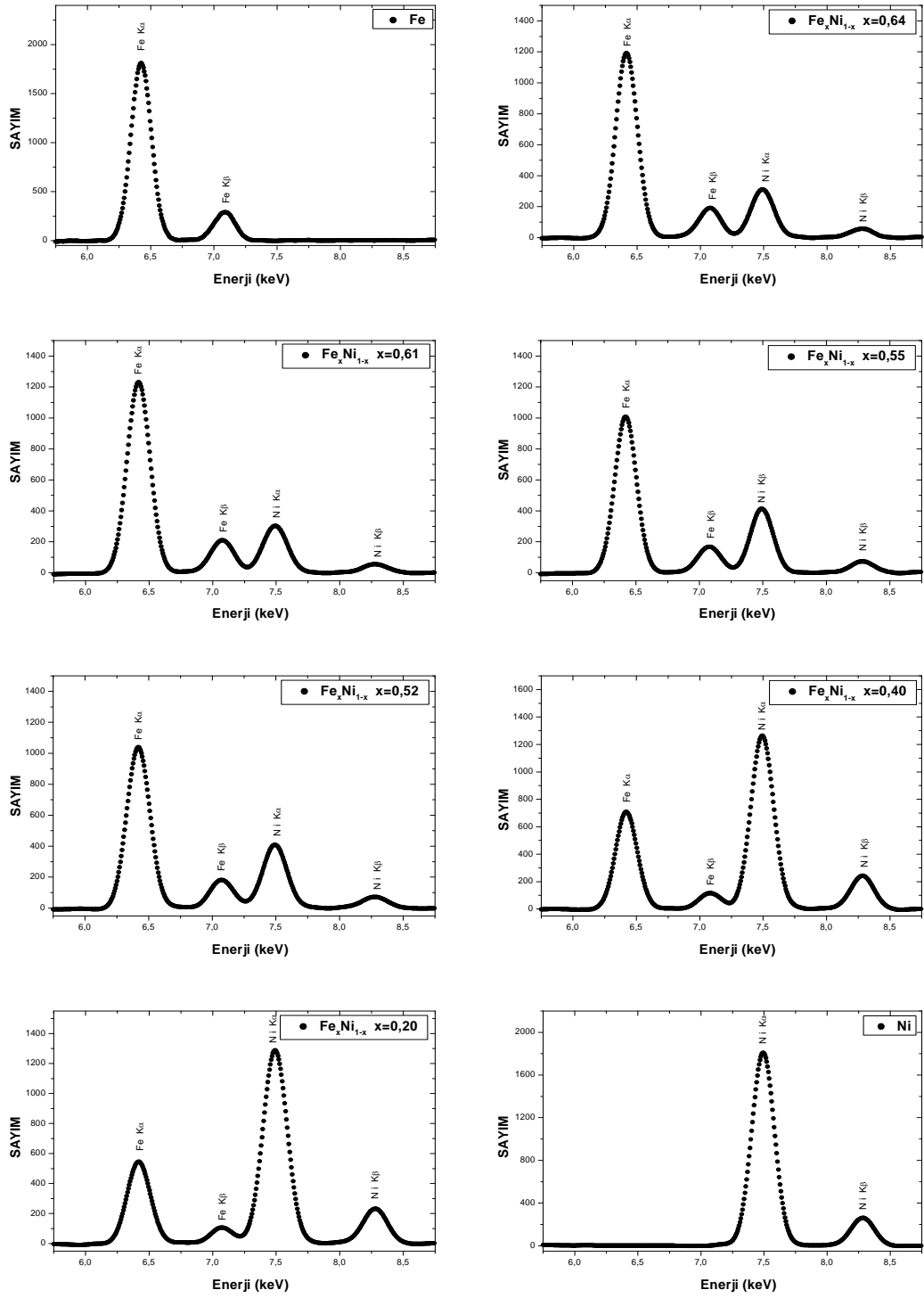
Şekil 4.3.  $B=1$  T için, K X-ışını şiddet oranlarını hesaplamak için  $I_0G\varepsilon$  değerleri.



Şekil 4.4.  $B=0$  T için, Fe, Ni, Fe $_x$ Ni $_{1-x}$  alaşımları için elde edilen K X-ışını spektrumları.



Şekil 4.5.  $B=0,5$  T için, Fe, Ni, Fe $_x$ Ni $_{1-x}$  alaşımları için elde edilen K X-ışını spektrumları.



Şekil 4.6.  $B=1$  T için, Fe, Ni,  $Fe_xNi_{1-x}$  alaşımları için elde edilen K X-ışını spektrumları.

**Çizelge 4.1.**  $B=0$   $T$  için,  $\text{Fe}_x\text{Ni}_{1-x}$  alaşımlarında  $K_\beta/K_\alpha$  X-ışını şiddet oranları ( $N_{K_\beta}/N_{K_\alpha}$  düzeltilmemiş,  $I_{K_\beta}/I_{K_\alpha}$  düzeltilmiş ve  $R_{K_\beta}/R_{K_\alpha}$  alaşımlar için pür metallere göre normalize edilmiş şiddet oranları).

Element veya Alaşım	Fe			Ni		
	$N_{K_\beta}/N_{K_\alpha}$	$I_{K_\beta}/I_{K_\alpha}$	$R_{K_\beta}/R_{K_\alpha}$	$N_{K_\beta}/N_{K_\alpha}$	$I_{K_\beta}/I_{K_\alpha}$	$R_{K_\beta}/R_{K_\alpha}$
Fe	0,1617	0,1323	1,0000	-----	-----	-----
$\text{Fe}_{0,64}\text{Ni}_{0,36}$	0,1644	0,1367	1,0327	0,1781	0,1366	0,9730
$\text{Fe}_{0,61}\text{Ni}_{0,39}$	0,1764	0,1319	0,9965	0,1817	0,1383	0,9850
$\text{Fe}_{0,55}\text{Ni}_{0,45}$	0,1785	0,1336	1,0098	0,1865	0,1419	1,0111
$\text{Fe}_{0,52}\text{Ni}_{0,48}$	0,1810	0,1354	1,0230	0,1870	0,1423	1,0137
$\text{Fe}_{0,40}\text{Ni}_{0,60}$	0,1795	0,1344	1,0154	0,1889	0,1438	1,0246
$\text{Fe}_{0,20}\text{Ni}_{0,80}$	0,1803	0,1348	1,0189	0,1906	0,1440	1,0260
Ni	-----	-----	-----	0,1548	0,1404	1,0000

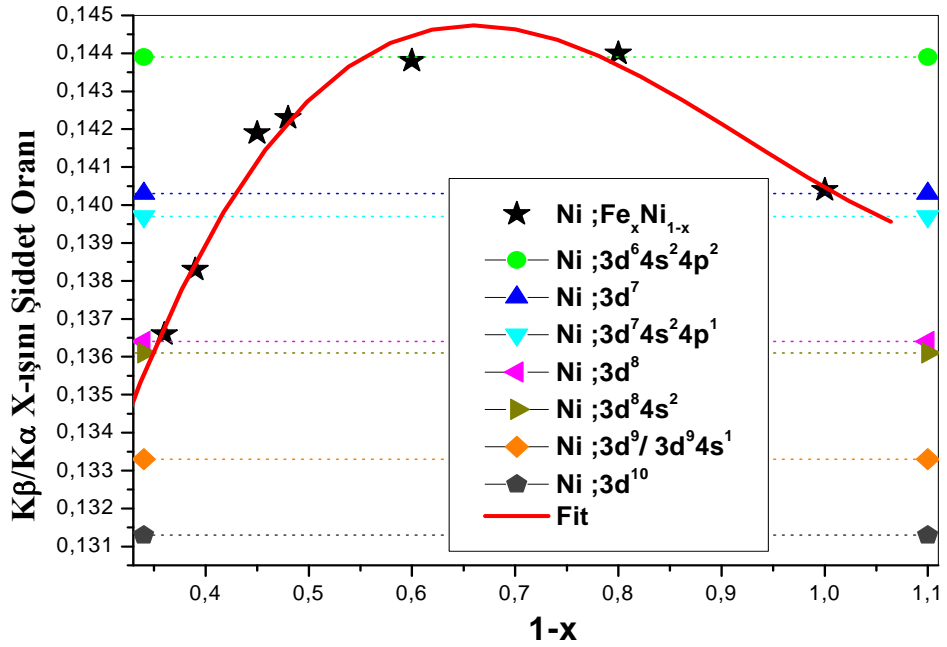
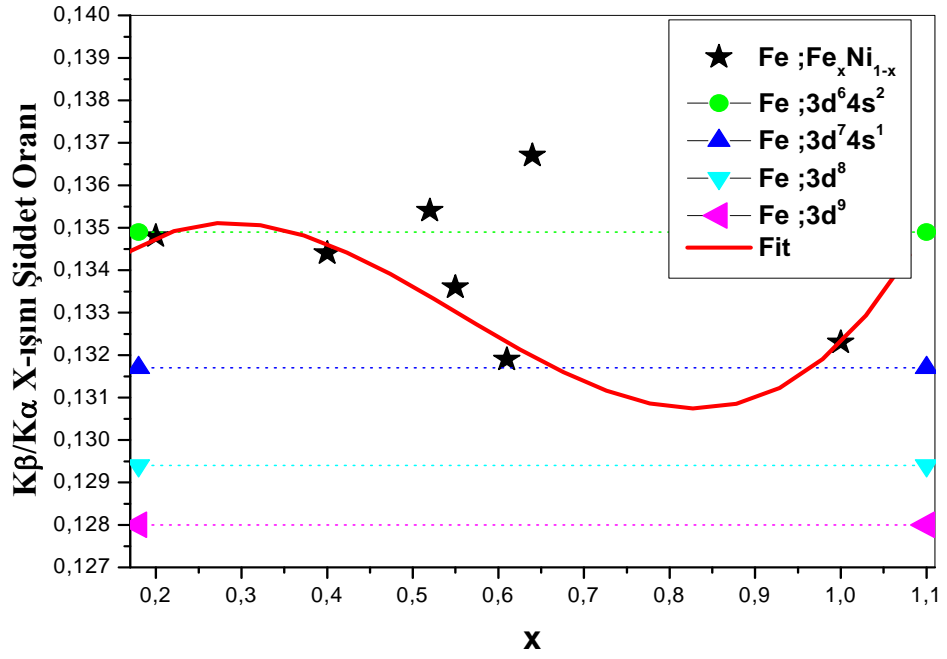
**Çizelge 4.2.**  $B=0,5$   $T$  için,  $\text{Fe}_x\text{Ni}_{1-x}$  alaşımlarında  $K_\beta/K_\alpha$  X-ışını şiddet oranları ( $N_{K_\beta}/N_{K_\alpha}$  düzeltilmemiş,  $I_{K_\beta}/I_{K_\alpha}$  düzeltilmiş ve  $R_{K_\beta}/R_{K_\alpha}$  alaşımlar için pür metallere göre normalize edilmiş şiddet oranları).

Element veya Alaşım	Fe			Ni		
	$N_{K_\beta}/N_{K_\alpha}$	$I_{K_\beta}/I_{K_\alpha}$	$R_{K_\beta}/R_{K_\alpha}$	$N_{K_\beta}/N_{K_\alpha}$	$I_{K_\beta}/I_{K_\alpha}$	$R_{K_\beta}/R_{K_\alpha}$
Fe	0,1596	0,1306	1,0000	-----	-----	-----
$\text{Fe}_{0,64}\text{Ni}_{0,36}$	0,1668	0,1386	1,0619	0,1764	0,1351	0,9656
$\text{Fe}_{0,61}\text{Ni}_{0,39}$	0,1762	0,1317	1,0087	0,1802	0,1369	0,9784
$\text{Fe}_{0,55}\text{Ni}_{0,45}$	0,1775	0,1329	1,0182	0,1838	0,1397	0,9984
$\text{Fe}_{0,52}\text{Ni}_{0,48}$	0,1784	0,1334	1,0218	0,1857	0,1411	1,0088
$\text{Fe}_{0,40}\text{Ni}_{0,60}$	0,1789	0,1339	1,0257	0,1890	0,1436	1,0269
$\text{Fe}_{0,20}\text{Ni}_{0,80}$	0,1946	0,1455	1,1147	0,1880	0,1418	1,0139
Ni	-----	-----	-----	0,1545	0,1399	1,0000

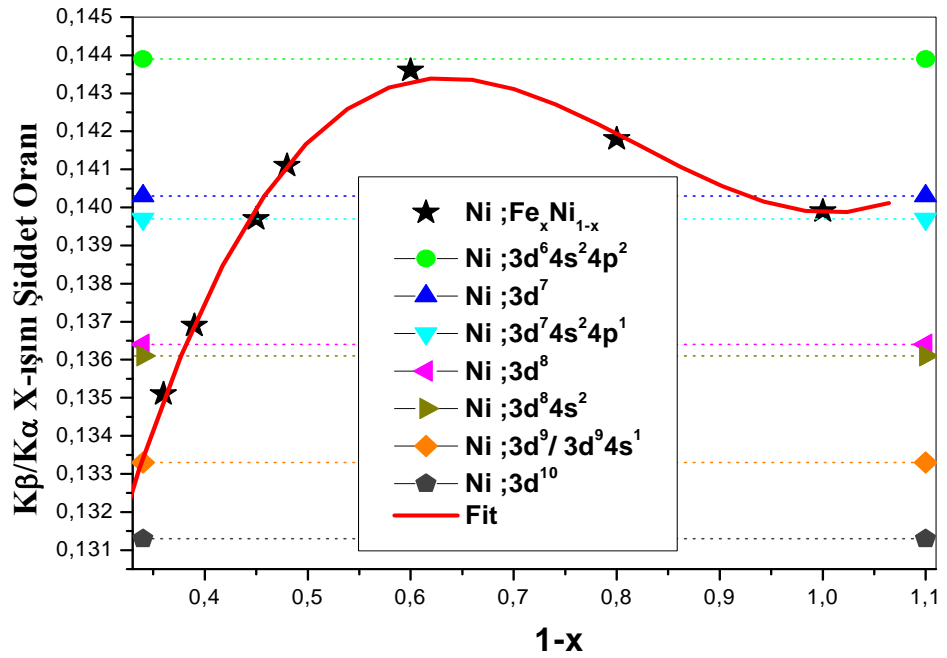
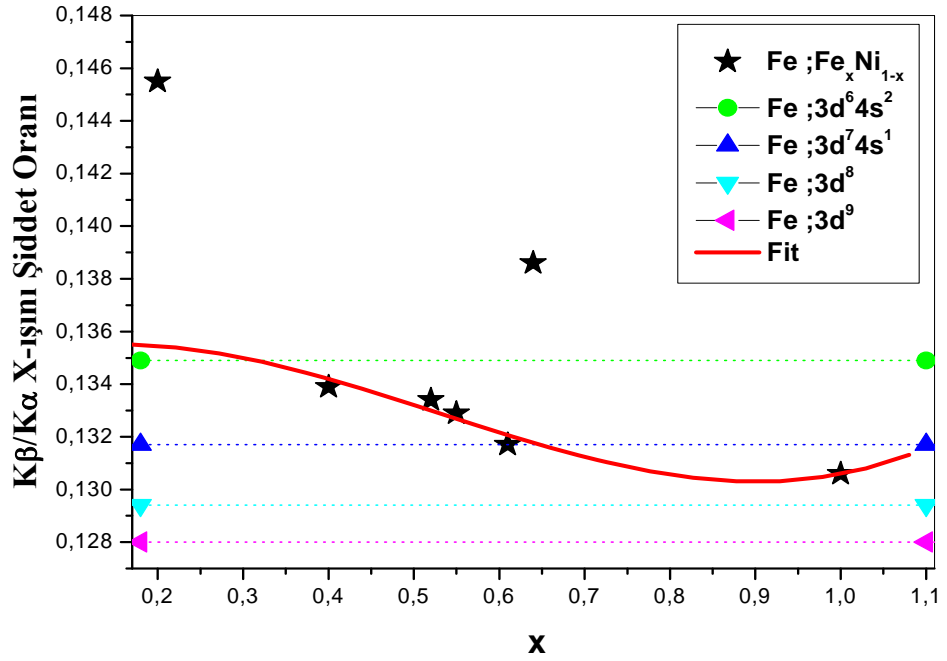
**Çizelge 4.3.**  $B=1$  T için,  $\text{Fe}_x\text{Ni}_{1-x}$  alaşımlarında  $K_\beta/K_\alpha$  X-ışını şiddet oranları ( $N_{K\beta}/N_{K\alpha}$  düzeltilmemiş,  $I_{K\beta}/I_{K\alpha}$  düzeltilmiş ve  $R_{K\beta}/R_{K\alpha}$  alaşımlar için pür metallere göre normalize edilmiş şiddet oranları).

Element veya Alaşım	Fe			Ni		
	$N_{K\beta}/N_{K\alpha}$	$I_{K\beta}/I_{K\alpha}$	$R_{K\beta}/R_{K\alpha}$	$N_{K\beta}/N_{K\alpha}$	$I_{K\beta}/I_{K\alpha}$	$R_{K\beta}/R_{K\alpha}$
Fe	0,1579	0,1291	1,0000	-----	-----	-----
$\text{Fe}_{0,64}\text{Ni}_{0,36}$	0,1672	0,1389	1,0755	0,1747	0,1336	0,9692
$\text{Fe}_{0,61}\text{Ni}_{0,39}$	0,1731	0,1292	1,0010	0,1798	0,1365	0,9899
$\text{Fe}_{0,55}\text{Ni}_{0,45}$	0,1738	0,1300	1,0070	0,1836	0,1394	1,0110
$\text{Fe}_{0,52}\text{Ni}_{0,48}$	0,1755	0,1311	1,0153	0,1857	0,1410	1,0224
$\text{Fe}_{0,40}\text{Ni}_{0,60}$	0,1783	0,1333	1,0328	0,1886	0,1433	1,0390
$\text{Fe}_{0,20}\text{Ni}_{0,80}$	0,1952	0,1459	1,1299	0,1837	0,1384	1,0040
Ni	-----	-----	-----	0,1524	0,1379	1,0000

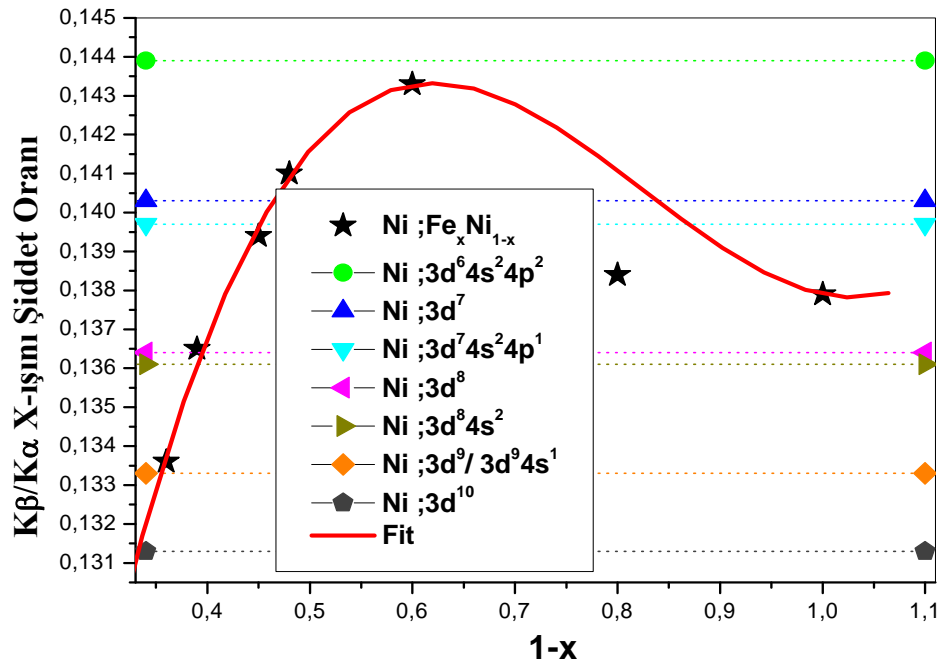
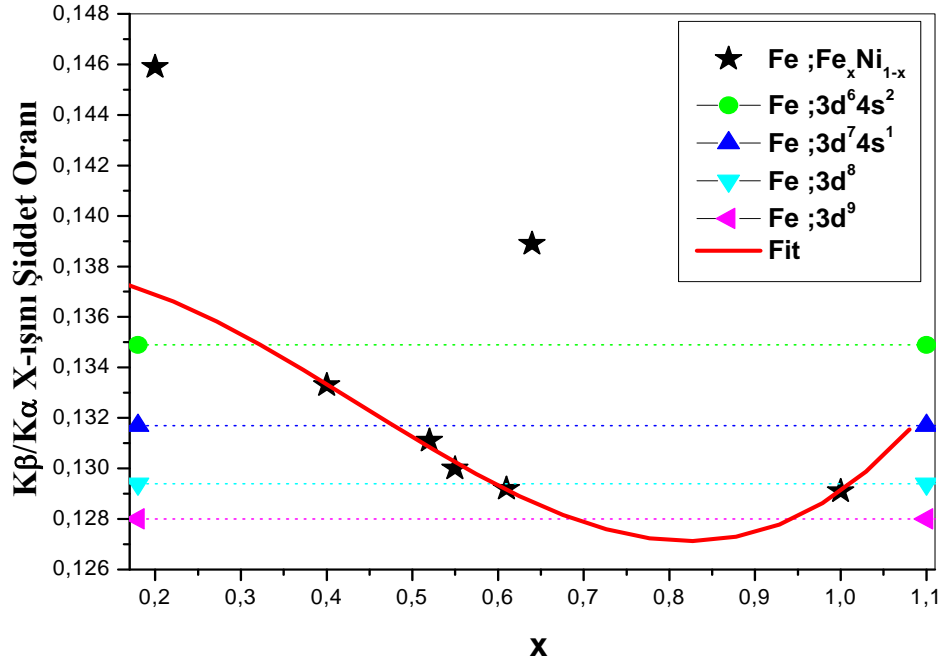




Şekil 4.7.  $B=0$  T için,  $Fe_xNi_{1-x}$  alaşımlarında Fe ve Ni için deneysel olarak elde edilen  $K\beta/K\alpha$  X-ışını şiddet oranlarının farklı elektron konfigürasyonları için elde edilmiş MCDF hesaplamaları ile karşılaştırmalı olarak gösterimi.



Şekil 4.8.  $B=0,5 T$  için,  $Fe_xNi_{1-x}$  alaşımlarında Fe ve Ni için deneysel olarak elde edilen  $K\beta/K\alpha$  X-ışını şiddet oranlarının farklı elektron konfigürasyonları için elde edilmiş *MCDF* hesaplamaları ile karşılaştırmalı olarak gösterimi.



Şekil 4.9.  $B=1$  T için,  $Fe_xNi_{1-x}$  alaşımlarında Fe ve Ni için deneysel olarak elde edilen  $K\beta/K\alpha$  X-ışını şiddet oranlarının farklı elektron konfigürasyonları için elde edilmiş MCDF hesaplamaları ile karşılaştırmalı olarak gösterimi.

**Çizelge 4.4.**  $B=0$   $T$  için,  $\text{Fe}_x\text{Ni}_{1-x}$  alaşımlarında  $3d$  elektron sayıları ve rölatif değişimleri.

Element veya Alaşım	Fe			Ni			$\text{Fe}_x\text{Ni}_{1-x}$			
	$n_{3d}$	$n_{4s,4p}$	$Dn_{3d}$	$n_{3d}$	$n_{4s,4p}$	$Dn_{3d}$	$Tn_{3d}$	$Tn_{3d}^*$	$Tn_{4s,4p}$	$Tn_{4s,4p}^*$
Fe	6,7891	1,2109	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
$\text{Fe}_{0,64}\text{Ni}_{0,36}$	5,5337	2,4663	-1,2554	7,9505	2,0495	0,9722	6,4037	6,8554	2,3163	1,8646
$\text{Fe}_{0,61}\text{Ni}_{0,39}$	6,9281	1,0719	0,1390	7,5224	2,4776	0,5491	7,1599	6,8609	1,6201	1,9191
$\text{Fe}_{0,55}\text{Ni}_{0,45}$	6,3733	1,6267	-0,4158	6,5658	3,4342	-0,4075	6,4599	6,8720	2,4401	2,0280
$\text{Fe}_{0,52}\text{Ni}_{0,48}$	5,8653	2,1347	-0,9238	6,4548	3,5452	-0,5185	6,1483	6,8775	2,8117	2,0825
$\text{Fe}_{0,40}\text{Ni}_{0,60}$	6,1394	1,8606	-0,6497	6,0289	3,9711	-0,9444	6,0731	6,8996	3,1269	2,3004
$\text{Fe}_{0,20}\text{Ni}_{0,80}$	6,0275	1,9725	-0,7616	5,9710	4,0290	-1,0023	5,9823	6,9365	3,6177	2,6635
Ni	-----	-----	-----	6,9733	3,0267	-----	-----	-----	-----	-----

$n_{3d}$ : Alaşımı oluşturan metaller için K  $X$ -ışını şiddet oranları kullanılarak belirlenen  $3d$  elektron sayıları,

$n_{4s,4p}$ : Alaşımı oluşturan metaller için  $4s$ ,  $4p$  elektronlarının toplam sayısı,

$Dn_{3d}$ : İlgili metalin alaşımdaki  $3d$  elektron sayısının saf halindeki ile kıyaslandığında  $3d$  elektron sayısındaki değişim,

$Tn_{3d}$ : Alaşımdaki  $3d$  elektronlarının toplam sayısı,

$Tn_{3d}^*$ : Saf metaller için elde edilen  $3d$  elektron sayılarının ağırlıklı toplamından, alaşım için elde edilen toplam  $3d$  elektronu sayısı,

$Tn_{4s,4p}$ : Alaşımdaki  $4s$ ,  $4p$  elektronlarının toplam sayısı,

$Tn_{4s,4p}^*$ : Saf metaller için elde edilen  $4s$ ,  $4p$  elektron sayılarının ağırlıklı toplamından, alaşım için elde edilen toplam  $4s$ ,  $4p$  elektronu sayısı,

**Çizelge 4.5.**  $B=0,5$   $T$  için,  $Fe_xNi_{1-x}$  alaşımlarında  $3d$  elektron sayıları ve rölatif değişimleri.

Element veya Alaşım	Fe			Ni			$Fe_xNi_{1-x}$			
	$n_{3d}$	$n_{4s,4p}$	$Dn_{3d}$	$n_{3d}$	$n_{4s,4p}$	$Dn_{3d}$	$Tn_{3d}$	$Tn_{3d}^*$	$Tn_{4s,4p}$	$Tn_{4s,4p}^*$
Fe	7,4303	0,5697	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
$Fe_{0,64}Ni_{0,36}$	5,0887	2,9113	-2,3416	8,3258	1,6742	1,2196	6,2541	7,3136	2,4659	1,4064
$Fe_{0,61}Ni_{0,39}$	7,0000	1,0000	-0,4303	7,8292	2,1708	0,7230	7,3234	7,3039	1,4566	1,4761
$Fe_{0,55}Ni_{0,45}$	6,5910	1,4090	-0,8393	7,0000	3,0000	-0,1062	6,7751	7,2845	2,1250	1,6155
$Fe_{0,52}Ni_{0,48}$	6,4342	1,5658	-0,9961	6,7848	3,2152	-0,3214	6,6025	7,2747	2,3575	1,6853
$Fe_{0,40}Ni_{0,60}$	6,2839	1,7161	-1,1464	6,0866	3,9134	-1,0196	6,1655	7,2358	3,0345	1,9642
$Fe_{0,20}Ni_{0,80}$	3,7308	4,2692	-3,6995	6,5934	3,4066	-0,5128	6,0209	7,1710	3,5791	2,4290
Ni	-----	-----	-----	7,1062	2,8938	-----	-----	-----	-----	-----

$n_{3d}$ : Alaşımı oluşturan metaller için K  $X$ -ışını şiddet oranları kullanılarak belirlenen  $3d$  elektron sayıları,

$n_{4s,4p}$ : Alaşımı oluşturan metaller için  $4s$ ,  $4p$  elektronlarının toplam sayısı,

$Dn_{3d}$ : İlgili metalin alaşımdaki  $3d$  elektron sayısının saf halindeki ile kıyaslandığında  $3d$  elektron sayısındaki değişim,

$Tn_{3d}$ : Alaşımdaki  $3d$  elektronlarının toplam sayısı,

$Tn_{3d}^*$ : Saf metaller için elde edilen  $3d$  elektron sayılarının ağırlıklı toplamından, alaşım için elde edilen toplam  $3d$  elektronu sayısı,

$Tn_{4s,4p}$ : Alaşımdaki  $4s$ ,  $4p$  elektronlarının toplam sayısı,

$Tn_{4s,4p}^*$ : Saf metaller için elde edilen  $4s$ ,  $4p$  elektron sayılarının ağırlıklı toplamından, alaşım için elde edilen toplam  $4s$ ,  $4p$  elektronu sayısı,

**Çizelge 4.6.**  $B=1$   $T$  için,  $\text{Fe}_x\text{Ni}_{1-x}$  alaşımlarında  $3d$  elektron sayıları ve rölatif değişimleri.

Element veya Alaşım	Fe			Ni			$\text{Fe}_x\text{Ni}_{1-x}$			
	$n_{3d}$	$n_{4s,4p}$	$Dn_{3d}$	$n_{3d}$	$n_{4s,4p}$	$Dn_{3d}$	$Tn_{3d}$	$Tn_{3d}^*$	$Tn_{4s,4p}$	$Tn_{4s,4p}^*$
Fe	8,1691	-0,1691	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
$\text{Fe}_{0,64}\text{Ni}_{0,36}$	5,0220	2,9780	-3,1471	8,8775	1,1225	1,3396	6,4100	7,9419	2,3100	0,7781
$\text{Fe}_{0,61}\text{Ni}_{0,39}$	8,1111	-0,1111	-0,0580	7,9688	2,0312	0,4309	8,0556	7,9229	0,7244	0,8571
$\text{Fe}_{0,55}\text{Ni}_{0,45}$	7,6979	0,3021	-0,4712	7,0808	2,9192	-0,4571	7,4202	7,8851	1,4798	1,0149
$\text{Fe}_{0,52}\text{Ni}_{0,48}$	7,2266	0,7734	-0,9425	6,8119	3,1881	-0,7260	7,0275	7,8661	1,9325	1,0939
$\text{Fe}_{0,40}\text{Ni}_{0,60}$	6,4650	1,5350	-1,7041	6,1726	3,8274	-1,3653	6,2896	7,7904	2,9104	1,4096
$\text{Fe}_{0,20}\text{Ni}_{0,80}$	3,6609	4,3391	-4,5082	7,3624	2,6376	-0,1755	6,6221	7,6641	2,9779	1,9359
Ni	-----	-----	-----	7,5379	2,4621	-----	-----	-----	-----	-----

$n_{3d}$ : Alaşımı oluşturan metaller için K  $X$ -ışını şiddet oranları kullanılarak belirlenen  $3d$  elektron sayıları,

$n_{4s,4p}$ : Alaşımı oluşturan metaller için  $4s$ ,  $4p$  elektronlarının toplam sayısı,

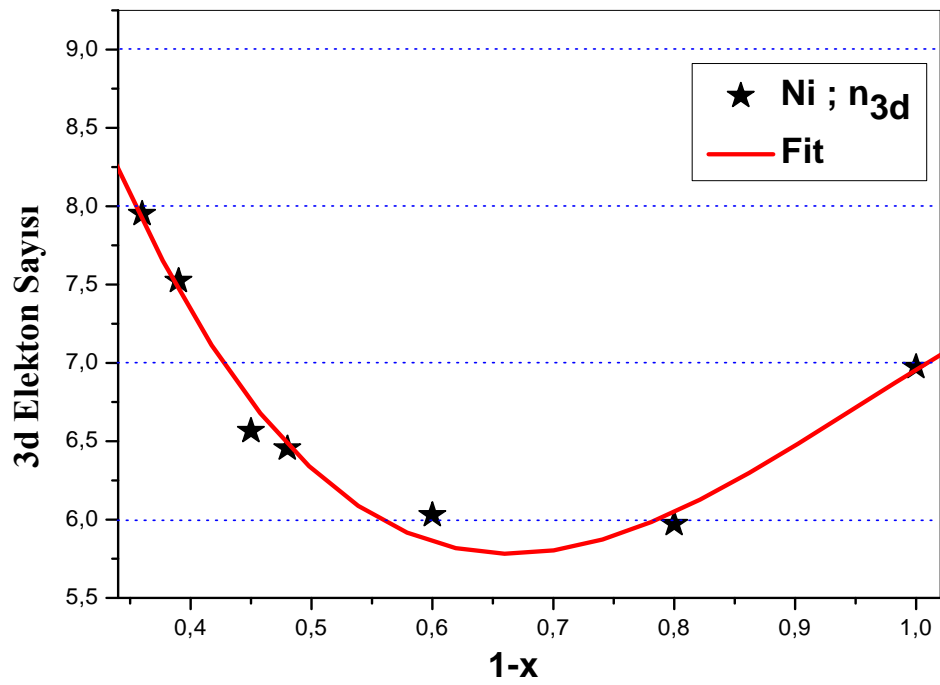
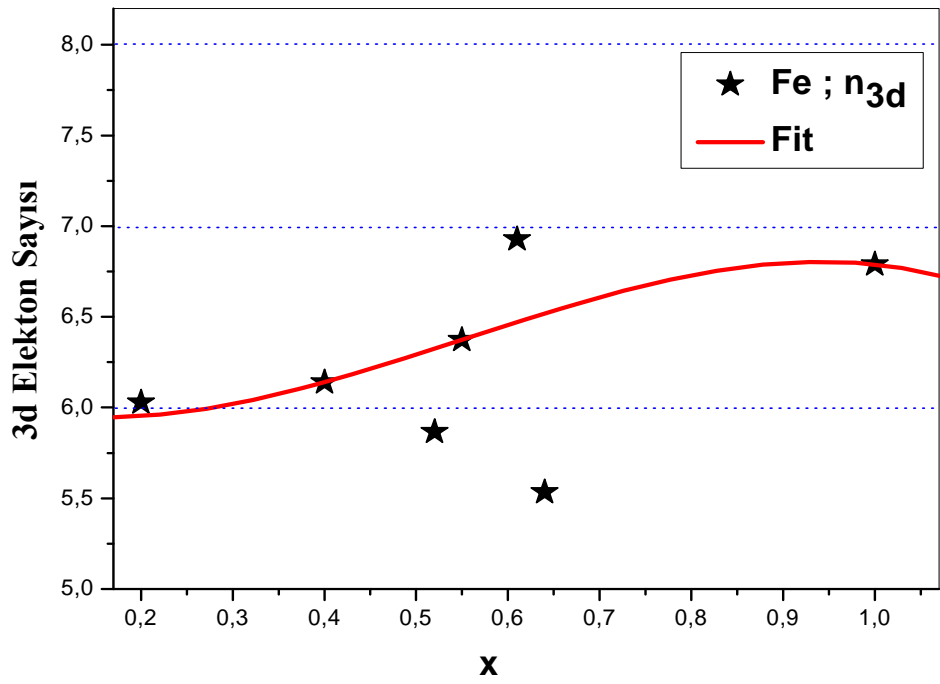
$Dn_{3d}$ : İlgili metalin alaşımdaki  $3d$  elektron sayısının saf halindeki ile kıyaslandığında  $3d$  elektron sayısındaki değişim,

$Tn_{3d}$ : Alaşımdaki  $3d$  elektronlarının toplam sayısı,

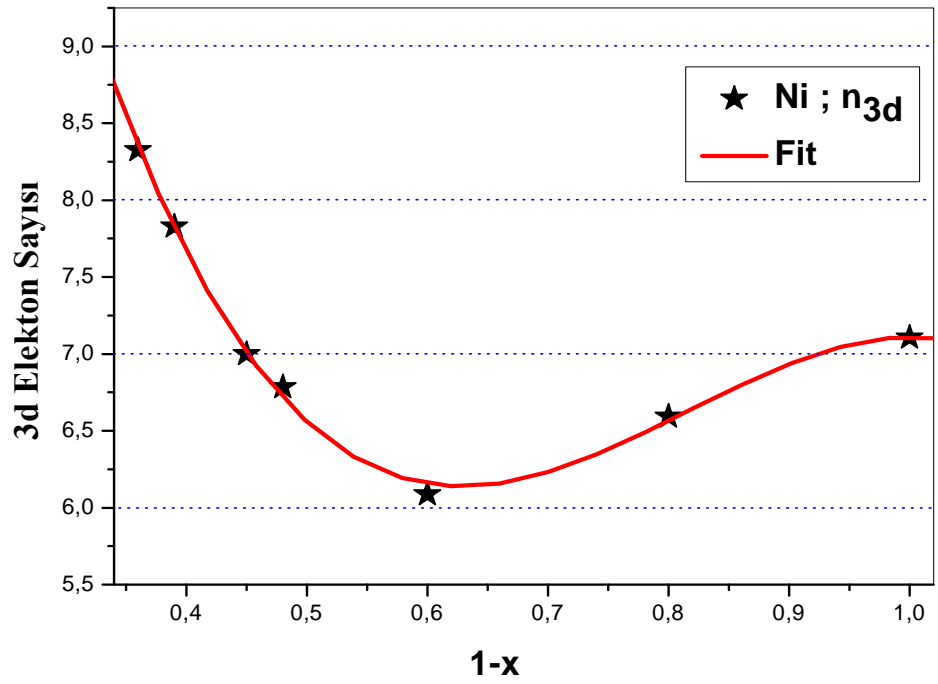
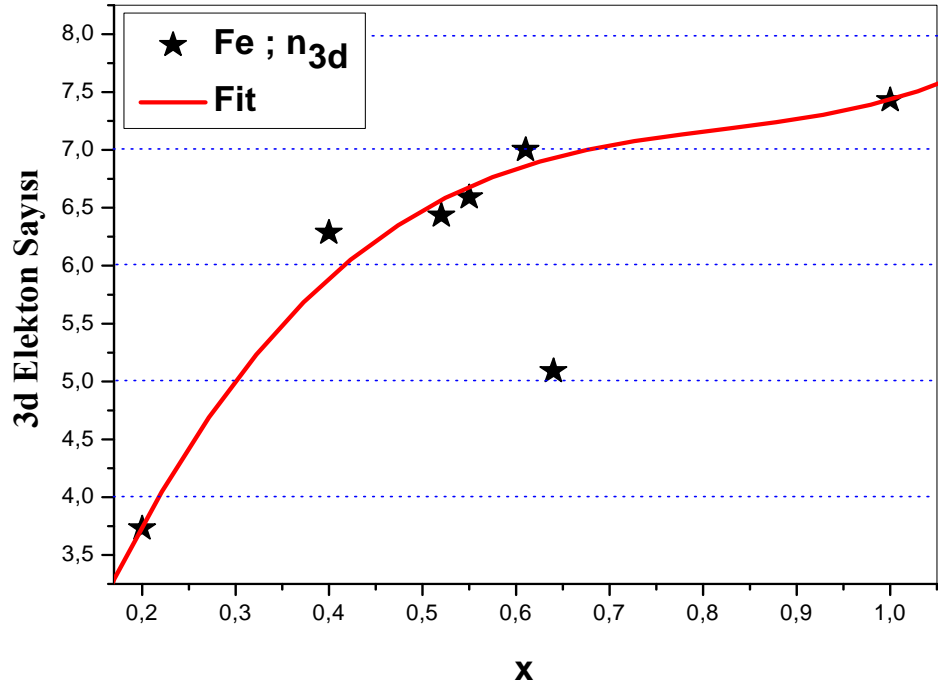
$Tn_{3d}^*$ : Saf metaller için elde edilen  $3d$  elektron sayılarının ağırlıklı toplamından, alaşım için elde edilen toplam  $3d$  elektronu sayısı,

$Tn_{4s,4p}$ : Alaşımdaki  $4s$ ,  $4p$  elektronlarının toplam sayısı,

$Tn_{4s,4p}^*$ : Saf metaller için elde edilen  $4s$ ,  $4p$  elektron sayılarının ağırlıklı toplamından, alaşım için elde edilen toplam  $4s$ ,  $4p$  elektronu sayısı,

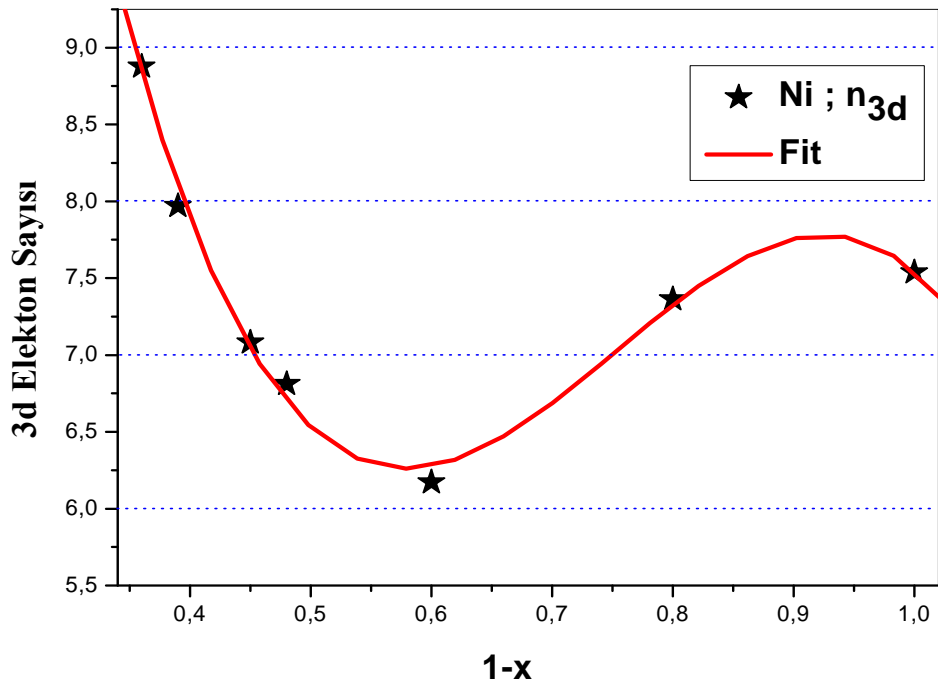
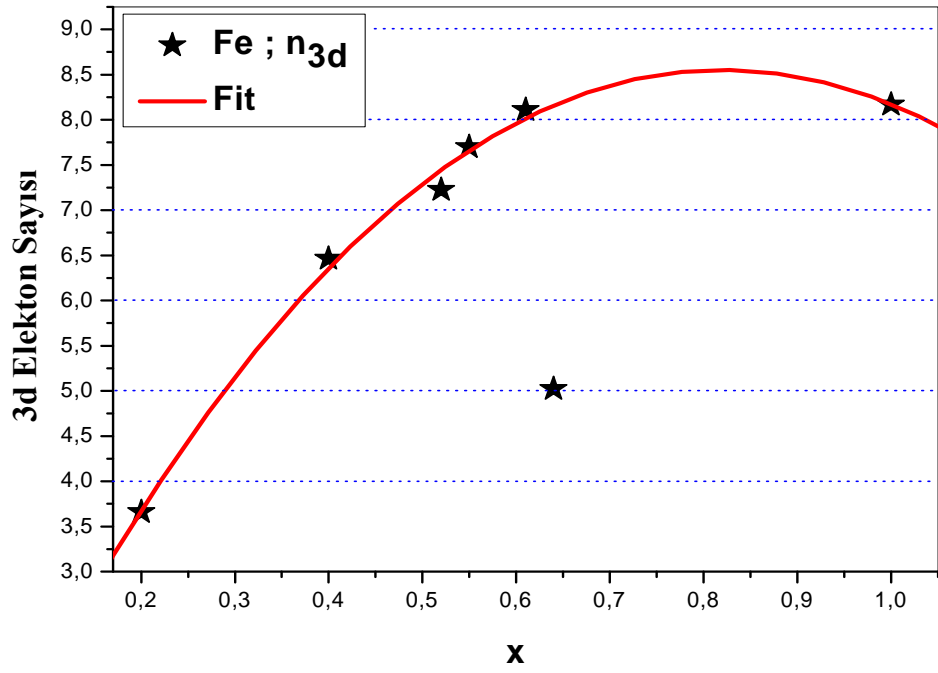


Şekil 4.10.  $B=0$  T için,  $\text{Fe}_x\text{Ni}_{1-x}$  alaşımlarında Fe ve Ni için 3d elektron sayılarının metallerin kendi konsantrasyonlarına bağlı değişimleri.

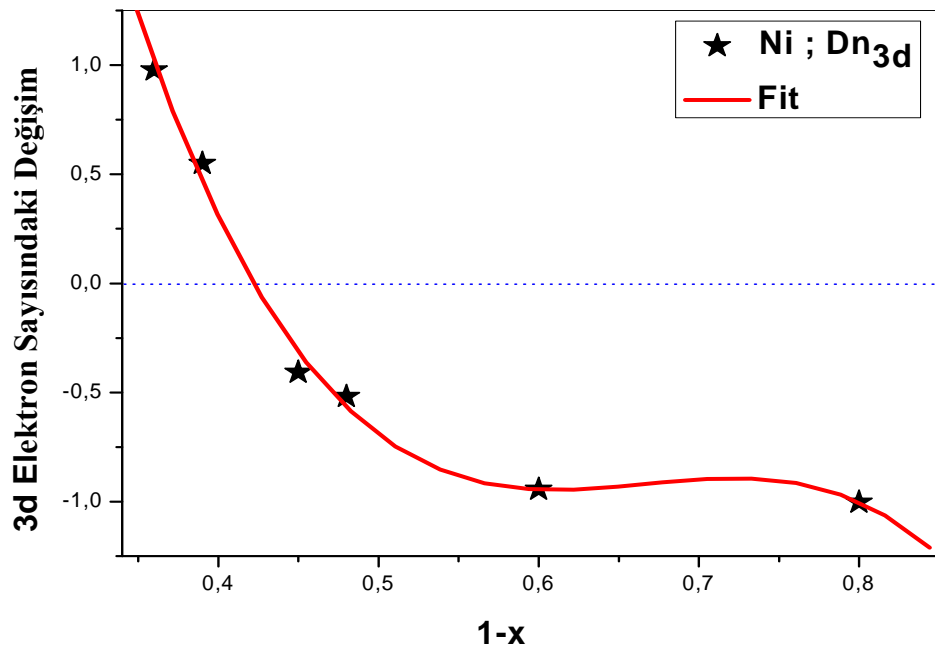
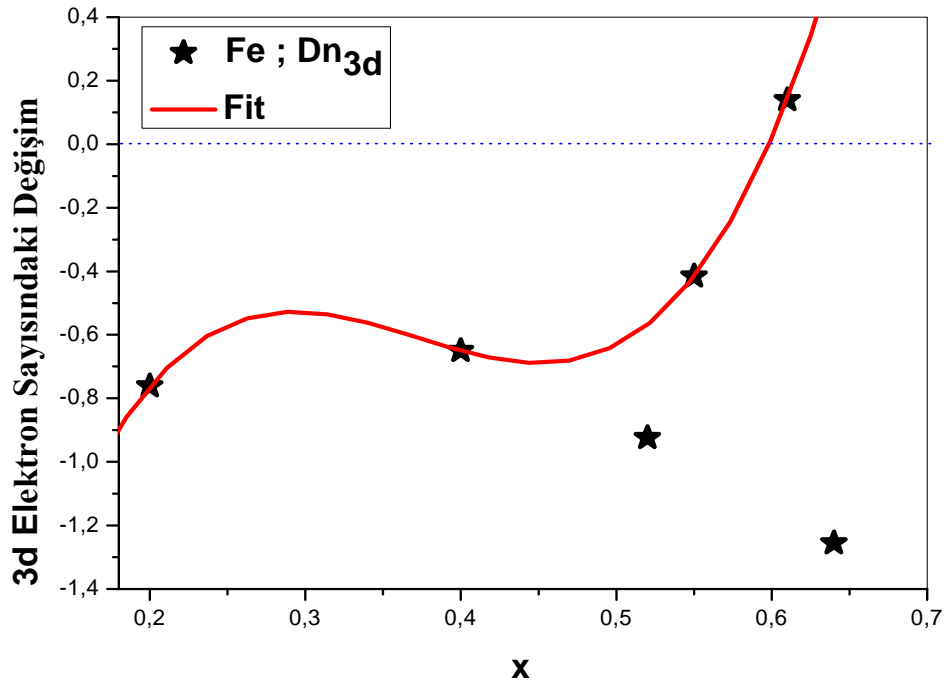


Şekil 4.11.  $B=0,5 T$  için,  $Fe_xNi_{1-x}$  alaşımlarında Fe ve Ni için 3d elektron sayılarının metallerin kendi konsantrasyonlarına bağlı değişimleri.

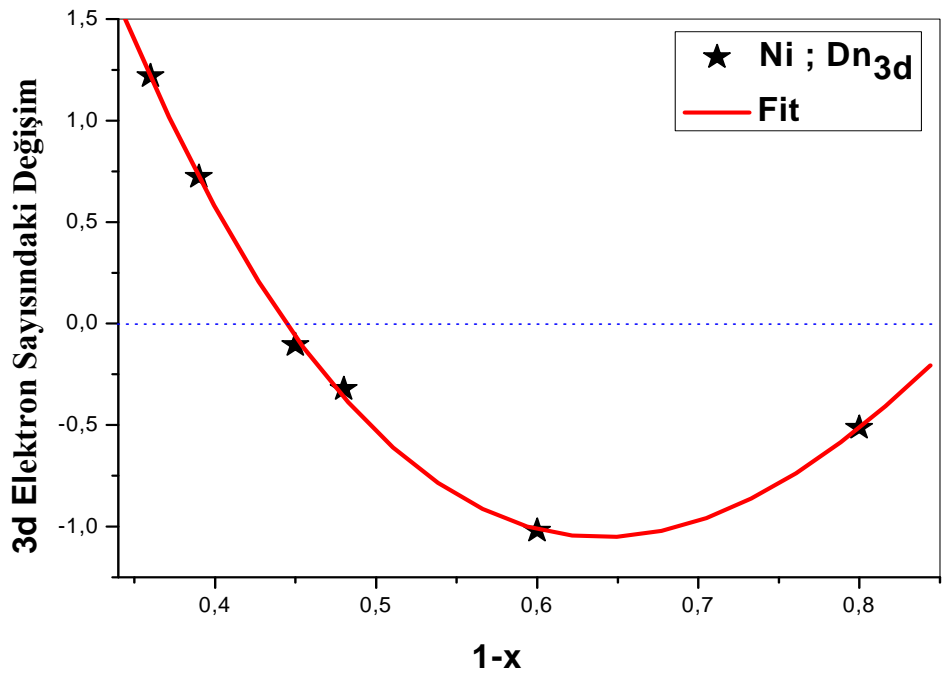
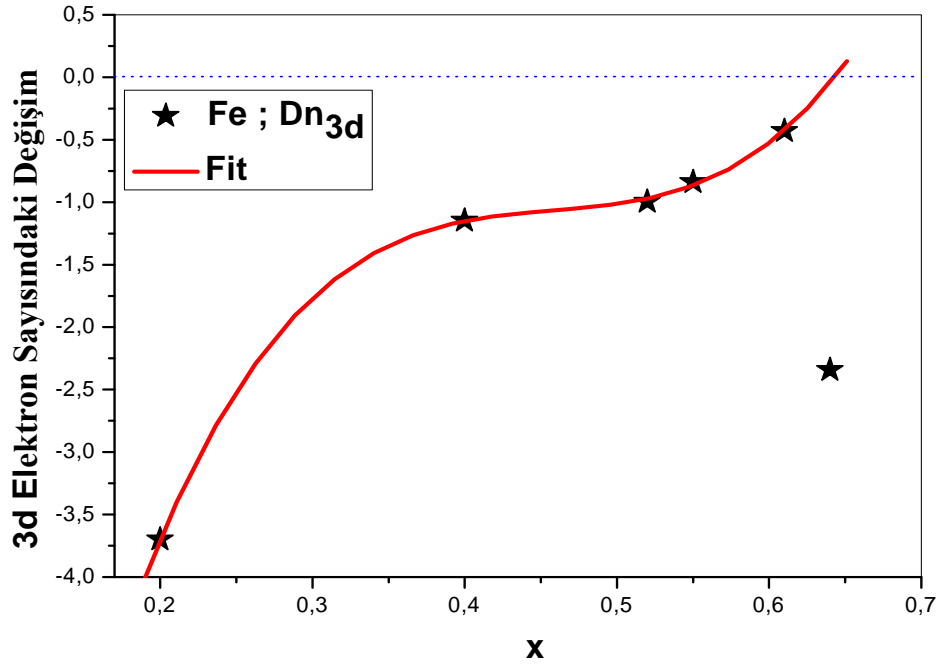




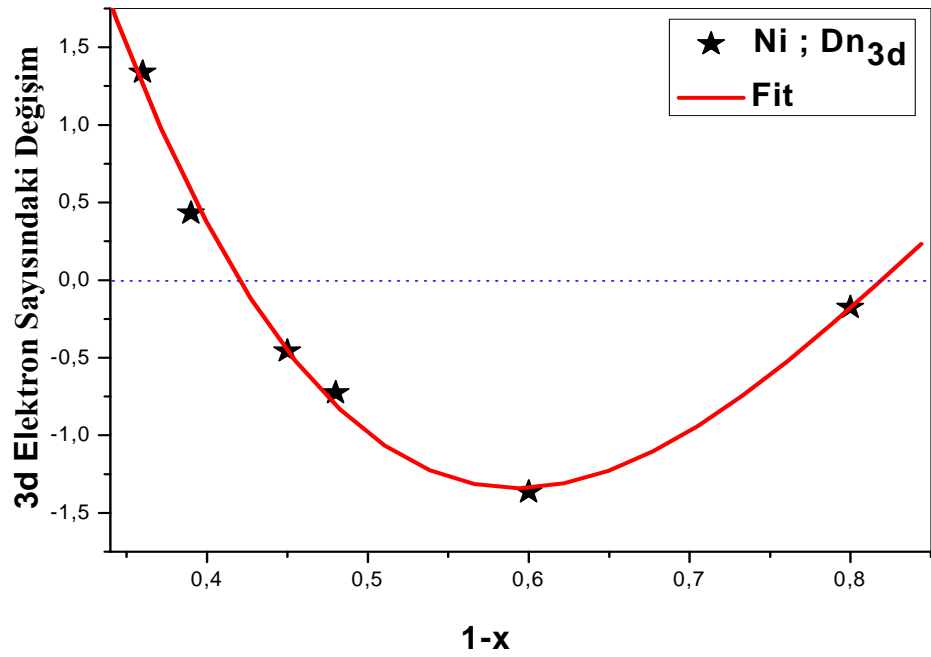
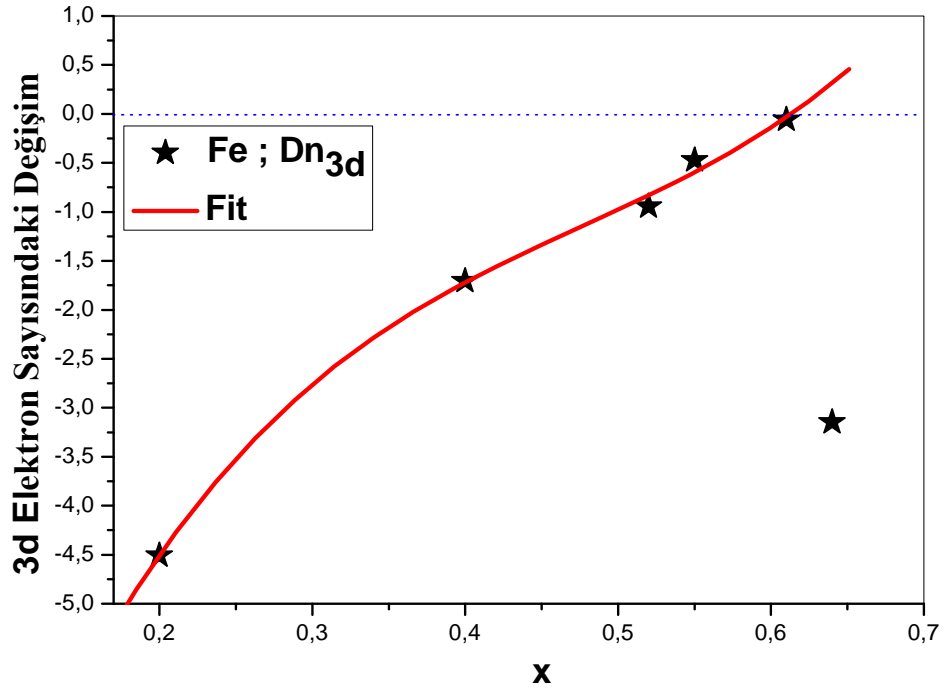
Şekil 4.12.  $B=1$  T için,  $\text{Fe}_x\text{Ni}_{1-x}$  alaşımlarında Fe ve Ni için 3d elektron sayılarının metallerin kendi konsantrasyonlarına bağlı değişimleri.



Şekil 4.13.  $B=0$  T için,  $Fe_xNi_{1-x}$  alaşımlarında Fe ve Ni'nin 3d elektron sayılarındaki değişimlerin (pür metaller ile kıyaslandığında) metallerin alaşımdaki kendi konsantrasyonlarına bağlı olarak gösterimi.



Şekil 4.14.  $B=0,5 T$  için,  $Fe_xNi_{1-x}$  alaşımlarında Fe ve Ni'nin 3d elektron sayılarındaki değişimlerin (pür metaller ile kıyaslandığında) metallerin alaşımdaki kendi konsantrasyonlarına bağlı olarak gösterimi.



**Şekil 4.15.**  $B=1$   $T$  için,  $Fe_xNi_{1-x}$  alaşımlarında Fe ve Ni'nin 3d elektron sayılarındaki değişimlerin (pür metaller ile kıyaslandığında) metallerin alaşımdaki kendi konsantrasyonlarına bağlı olarak gösterimi.

## 5. SONUÇ ve TARTIŞMA

$X$ -ışını spektroskopisinin ilk günlerinden beri elementler için, daha sonra alaşımlar ve çeşitli bileşikler için  $K\beta/K\alpha$   $X$ -ışını şiddet oranları deneysel olarak çalışılmıştır. Çünkü bu nicelik tatmin edici bir doğrulukla kolayca belirlenebilir.  $K$   $X$ -ışınlarının rölatif şiddetlerinin doğru ölçümü atomik iç tabaka iyonizasyon süreçlerinin anlaşılması için ve mevcut teorileri test etmek için önemlidir. Ayrıca  $K\beta/K\alpha$   $X$ -ışını şiddet oranlarının doğru bir şekilde tespit edilmesi moleküler ve radyasyon fiziği araştırmaları, kimyevi ve tıbbi analizler, radyoaktif cevher analizleri, metalurji alaşım analizleri ve elemental analizler gibi  $X$ -ışınlarının pratik uygulamaları açısından son derece önemlidir. Çünkü,  $K\beta/K\alpha$   $X$ -ışını şiddet oranı değerleri; kimyasal yapı, moleküler yapı ve merkez atomun çevresindeki atomlara hangi tür bağlarla bağlı olduğu gibi parametrelerle yakından ilişkilidir. Kısacası,  $K\beta/K\alpha$   $X$ -ışını şiddet oranları atomik yapıya kuvvetlice bağlı olup atomik modelin doğru bir biçimde oluşturulabilmesi için son derece önemlidir.

Metallerin ve alaşımların valens elektron yapılarının belirlenmesi fiziksel özelliklerinin anlaşılması için büyük önem taşır. Çünkü, valens elektron yoğunluğu atomik parametrelerin değişimine bağlıdır ve atomik parametrelerin değişimi de maddelerin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin değişimine neden olmaktadır. Dolayısıyla maddelerin valens elektron yapılarının değişimi, bu maddelerin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin değiştiği anlamına gelir. Çünkü, valens elektronlarının yoğunluğunda oluşabilecek bir değişime; bağ çeşidine bağlı olarak, molekül veya kristalde bulunan komşu atomlardaki elektron yoğunluğunun artıp veya azalması sonucu oluşan kimyasal bağdaki değişim sebep olabilir. Bağ çeşidinin yanısıra molekül yapının özel karakteristikleri olan komplekslik ve kristallikte valens elektron yoğunluğunu etkiler. Böylece tüm bu etkenler göz önüne alındığında ve yukarıdaki paragrafta da belirtilen  $K\beta/K\alpha$   $X$ -ışını şiddet oranlarının atomik yapıya kuvvetlice bağlı olduğu bilgisi ışığında denilebilirki; valens elektron yoğunluğunda meydana gelen bir değişikliğe bağlı olarak  $K\beta/K\alpha$   $X$ -ışını şiddet oranları da değişir. Bundan dolayı metallerin ve alaşımların valens elektron yapılarını  $K\beta/K\alpha$   $X$ -ışını şiddet oranları ile belirlemek oldukça önemli bir metottür.

Farklı manyetik sınıflara ait farklı malzemeler bir manyetik alan içine konulduğunda manyetik momentlerinden dolayı manyetik alanla farklı etkileşimde bulunacaklardır ve bu farklı etkileşim bazı atomik parametrelerin değişimine sebep olacaktır. Atomik ışımının atomdaki elektrik yüklerinin titreşim veya geçiş hareketinden kaynaklanmasından dolayı ışıyan atomun manyetik veya elektrik alanda bulunması halinde yörüngenin şekli, yayımlanan foton enerjileri, spektral çizgi genişlikleri, geçiş hızları ve seviye ömürleri gibi bazı atomik parametrelerde değişiklikler olabilir. Bundan dolayı atomun manyetik alan içerisinde yaptığı karakteristik  $X$ -ışını flöresans şiddet oranı değişebilir. Bunun için dış manyetik alanda maddelerin  $K\beta/K\alpha$   $X$ -ışını şiddet oranlarının belirlenmesi ve bu şiddet oranlarındaki değişim dikkate alınarak atomik parametrelerin belirlenmesi son derece önem arz etmektedir.

Bu çalışmada, Fe-Ni geçiş metal alaşımlarının valens elektron yapıları üzerine dış manyetik alanın etkisi, çeşitli alaşım bileşimlerinin  $K\beta/K\alpha$   $X$ -ışını şiddet oranları vasıtasıyla araştırıldı.

Çalışmamızda, Fe, Ni ve  $Fe_xNi_{1-x}$  ( $x= 0,20; 0,40; 0,52; 0,55; 0,61; 0,64$ ) alaşımlarının  $K\alpha$  ve  $K\beta$  emisyon spektrumları bir Si(Li) katı hal dedektörü kullanılarak  $B=0 T$ ,  $B=0,5 T$  ve  $B=1 T$  'lık manyetik alan şiddetlerinde belirlendi. Elde edilen spektrumlar, alaşımı oluşturan geçiş metallere konsantrasyonlarındaki değişimlere bağlı olarak alaşımlardan elde edilen  $K$   $X$ -ışını spektrumları saf metallere kıyaslamalı olarak grafikler halinde manyetik alanın  $B=0 T$  şiddeti için Şekil 4.4'de, manyetik alanın  $B=0,5 T$  şiddeti için Şekil 4.5'de, manyetik alanın  $B=1 T$  şiddeti için Şekil 4.6'da verilmiştir. Bu spektrumlar incelendiğinde, alaşımdaki elementlerin konsantrasyonları arttıkça her üç durum için ( $B=0 T$ ,  $B=0,5 T$  ve  $B=1 T$  için)  $K\alpha$  ve  $K\beta$   $X$ -ışını şiddetlerinin arttığı saptanmıştır. Ancak, alaşımı oluşturan Fe ve Ni'nin şiddetleri saf Fe ve saf Ni için elde edilen şiddetten her zaman küçük olduğu gözlenmiştir.

Elde edilen spektrumlardan her bir alaşım ve saf Fe ve saf Ni için pik tepesi net alanları belirlenmiştir. Ölçüm sonuçlarının tüm numuneler için hesaplanmasıyla elde edilen  $K\beta/K\alpha$   $X$ -ışını şiddet oranları ( $N_{K\beta}/N_{K\alpha}$ ; herhangi bir düzeltme işlemine tabi tutulmamış

şiddet oranları,  $I_{K\beta}/I_{K\alpha}$ ; gerekli düzeltme işlemi yapıldıktan sonraki şiddet oranları ve  $R_{K\beta}/R_{K\alpha}$ ; alaşımlar için pür metallere göre normalize edilmiş şiddet oranları), manyetik alanın  $B=0$  T şiddeti için Çizelge 4.1’de, manyetik alanın  $B=0,5$  T şiddeti için Çizelge 4.2’de, manyetik alanın  $B=1$  T şiddeti için Çizelge 4.3’de verilmiştir. Bu çizelgeler incelendiğinde,  $K\beta/K\alpha$  X-ışını şiddet oranlarının alaşımdaki metallere oranlarına bağlı olarak değiştiği saptanmıştır. Bu değişim alaşımı oluşturan metallere bağlı olarak konsantrasyon değişimi ile aynı veya zıt yönlü olabilmektedir. Kıyaslama için alaşımlarda belirlenen şiddet oranları saf metaller için belirlenen şiddet oranlarına göre normalize edilmiştir. Alaşımlarda elde edilen şiddet oranları saf metallerdekenden büyük veya küçük olabilmektedir. Çizelge 4.1’de ( $B=0$  T için) görüldüğü üzere alaşımdaki Fe için elde edilen  $I_{K\beta}/I_{K\alpha}$  şiddet oranı;  $Fe_{0,61}Ni_{0,39}$  alaşımında 0,1319 olarak bulunmuş olup saf Fe için elde edilen  $I_{K\beta}/I_{K\alpha}$  şiddet oranı 0,1323 değerinden küçüktür. Diğer alaşımlar için elde edilen şiddet oranları ise saf Fe’nin şiddet oranından büyüktür. Alaşımdaki Ni için elde edilen  $I_{K\beta}/I_{K\alpha}$  şiddet oranlarına bakıldığında;  $Fe_{0,61}Ni_{0,39}$  alaşımında  $I_{K\beta}/I_{K\alpha}$  değeri 0,1383 olarak ve  $Fe_{0,64}Ni_{0,36}$  alaşımında  $I_{K\beta}/I_{K\alpha}$  değeri 0,1366 olarak bulunmuş olup saf Ni için elde edilen  $I_{K\beta}/I_{K\alpha}$  şiddet oranı 0,1404 değerinden küçük ancak diğer alaşımlar için elde edilen şiddet oranları ise saf Ni’nin şiddet oranından büyüktür. Ancak, Çizelge 4.2 ( $B=0,5$  T için) ve Çizelge 4.3 ( $B=1$  T için) de görüldüğü üzere alaşımdaki Fe için elde edilen  $I_{K\beta}/I_{K\alpha}$  şiddet oranları incelendiğinde; tüm alaşımlarda elde edilen  $I_{K\beta}/I_{K\alpha}$  şiddet oranları saf Fe’nin şiddet oranından büyüktür. Alaşımdaki Ni için elde edilen  $I_{K\beta}/I_{K\alpha}$  şiddet oranlarına bakıldığında;  $B=0,5$  T şiddetli dış manyetik alanda  $Fe_{0,20}Ni_{0,80}$ ,  $Fe_{0,40}Ni_{0,60}$  ve  $Fe_{0,52}Ni_{0,48}$  alaşımlarında elde edilen şiddet oranları saf Ni’nin şiddet oranından büyük diğer alaşımlar için elde edilen şiddet oranları ise saf Ni’nin şiddet oranından küçüktür.  $B=1$  T şiddetli dış manyetik alanda ise  $Fe_{0,61}Ni_{0,39}$  ve  $Fe_{0,64}Ni_{0,36}$  alaşımlarında elde edilen şiddet oranları saf Ni’nin şiddet oranından küçük diğer alaşımlar için elde edilen şiddet oranları ise saf Ni’nin şiddet oranından büyüktür.

Manyetik alanın X-ışını şiddet oranları üzerine etkisini değerlendirmek için Çizelge 4.1 ile Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3 beraber incelendiğinde; saf Fe ve saf Ni metallere manyetik alan arttıkça şiddet oranlarında azalma olduğu saptanmıştır. Alaşımlarda ise; alaşımdaki Fe için elde edilen  $I_{K\beta}/I_{K\alpha}$  şiddet oranı değerlerinde,  $Fe_{0,20}Ni_{0,80}$  ve

$Fe_{0,64}Ni_{0,36}$  alaşımlarının şiddet oranları manyetik alan arttıkça artmakta ve  $Fe_xNi_{1-x}$  ( $x=0,40; 0,52; 0,55; 0,61$  ve  $0,64$ ) alaşımlarının şiddet oranları ise manyetik alan arttıkça azalmaktadır. Alaşımdaki Ni için elde edilen  $I_{K\beta}/I_{K\alpha}$  şiddet oranı değerlerinde, incelenen tüm alaşımlar için manyetik alan arttıkça azalmalar olduğu saptanmıştır. Bu sonuçlara göre  $Fe_{0,20}Ni_{0,80}$  ve  $Fe_{0,64}Ni_{0,36}$  alaşımlarındaki bu farklılık bu alaşımların diğer alaşımlardan farklı manyetik özelliğe sahip oldukları anlamına gelebilir. Verilerin değerlendirilmesi neticesinde dış manyetik alanın  $X$ -ışını şiddet oranları üzerinde önemli ölçüde bir etkisinin olduğu saptanmıştır.

Alaşımları oluşturan ilgili metaller için deneysel olarak elde edilen  $I_{K\beta}/I_{K\alpha}$  şiddet oranları bu metallerin farklı elektron konfigürasyonları için *MCDF* hesaplamaları sonucu elde edilmiş değerler ile karşılaştırmalı bir şekilde grafiksel olarak, manyetik alanın  $B=0$  T şiddeti için Şekil 4.7’de manyetik alanın  $B=0,5$  T şiddeti için Şekil 4.8’de, manyetik alanın  $B=1$  T şiddeti için Şekil 4.9’da verilmiştir. Bu grafikler incelendiğinde alaşımlardaki Fe ve Ni için elde edilen  $X$ -ışını şiddet oranlarının büyük çoğunluğunun *MCDF* hesaplamaları sonucu bulunan şiddet oranı değer aralığında olduğu görülmektedir. Aynı zamanda grafiklerden ( $B=0$  T,  $B=0,5$  T ve  $B=1$  T için) alaşımlar için elde edilen şiddet oranlarının, Fe konsantrasyonu arttıkça sistematik olmasada azalma eğilimli olduğu ve Ni konsantrasyonu arttıkça artma eğilimli olduğu saptanmıştır.

Hesaplanan  $I_{K\beta}/I_{K\alpha}$   $X$ -ışını şiddet oranları kullanılarak alaşımları oluşturan geçiş metalleri için  $3d$  elektronlarının sayısı ( $n_{3d}$ ),  $(4s,4p)$  elektronlarının toplam sayısı ( $n_{4s,4p}$ ), saf metale kıyasla  $3d$  elektron sayısındaki değişimler ( $Dn_{3d}$ ) ve alaşımlar için  $3d$  ve  $(4s,4p)$  elektronlarının toplam sayıları  $Tn_{3d}$  ve  $Tn_{4s,4p}$ , saf metaller için ölçülen değerlerin alaşımlar için ağırlıklı toplamından elde edilen  $3d$  ve  $(4s,4p)$  elektronlarının toplam sayıları  $Tn_{3d}^*$  ve  $Tn_{4s,4p}^*$  ile birlikte çizelgeler halinde, manyetik alanın  $B=0$  T şiddeti için Çizelge 4.4’de, manyetik alanın  $B=0,5$  T şiddeti için Çizelge 4.5’de, manyetik alanın  $B=1$  T şiddeti için Çizelge 4.6’da verilmiştir. Bu çizelgeler incelendiğinde; artan manyetik alanın valens elektron sayısında değişimlere sebep olduğu saptanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, saf Fe ve saf Ni geçiş metallerinin artan manyetik alanla  $3d$



elektron sayılarında artış ve  $(4s,4p)$  elektron sayılarında azalma olduğu,  $Fe_xNi_{1-x}$  ( $x=0,20$  ve  $0,64$ ) alaşımlarında Fe için elde edilen  $3d$  elektron sayısında artan manyetik alanla büyük ölçüde azalma olduğu ve  $(4s,4p)$  elektron sayılarında büyük ölçüde artma olduğu ve Ni için elde edilen  $3d$  elektron sayısında artan manyetik alanla büyük ölçüde artma olduğu ve  $(4s,4p)$  elektron sayılarında artan manyetik alanla büyük ölçüde azalma olduğu gözlenmiştir.  $Fe_xNi_{1-x}$  ( $x=0,40$ ;  $0,52$ ;  $0,55$  ve  $0,61$ ) alaşımlarında Fe ve Ni için elde edilen  $3d$  elektron sayısında artan manyetik alanla artış olduğu saptanmış ve bu alaşımların  $(4s,4p)$  elektron sayılarında artan manyetik alanla azalma olduğu saptanmıştır. Aynı zamanda her bir çizelge tek başına incelendiğinde,  $Fe_xNi_{1-x}$  alaşımlarında Fe ve Ni için elde edilen  $3d$  elektron sayılarının bu metallerin saf halleri için elde edilen değerlerden farklılıklar gösterdiği görülmektedir. Bu sonuçlardan dış manyetik alanın metallerin ve alaşımların valens elektron yapılarını kayda değer ölçüde etkilediğini söyleyebiliriz.

Literatürde, alaşımları oluşturan metallerin  $3d$  elektron sayılarında meydana gelen değişimler kıyaslamalı olarak incelendiğinde bu değişimin iki sebepten kaynaklanabileceği görülmüştür. Bunlardan ilki elementin  $3d$  ve  $(4s,4p)$  durumları arasında gerçekleşen elektron dağılımlarının yeniden düzenlenmesi (delokalizasyon) ve ikincisi alaşımı oluşturan metaller arasında gerçekleşen yük transferidir. Raj *et al.* (1999) 'e göre alaşımlarda  $3d$  elektron popülasyonlarında meydana gelen değişimin asıl sebebi alaşımı oluşturan elementler arasında gerçekleşen  $3d$  elektron transferidir. Ancak bu değişimin sebebi açıklanırken  $3d$  ve  $(4s,4p)$  durumları arasında elektronların yeniden düzenlenmesi de çok az da olsa etkilidir. Powlowski *et al.* (2002) 'e göre alaşımlarda metallerin valens elektron yapılarında gözlenen değişimi açıklamak için ilgili metallerin  $3d$  ve  $(4s, 4p)$  durumları arasında elektronların yeniden düzenlenmesini hesaba katmak gerekirken bir elementten diğerine elektron transferi ihmal edilebilir. Buradan da anlaşılacağı üzere literatürdeki çalışmalarda; alaşımlarda  $3d$  elektron popülasyonlarında gözlenen değişimin sebebiyle ilgili olarak net bir sonuca varılamamıştır. Bu çalışmada; dış manyetik alanın atom içi valens elektronlarının transferine etkimesinin yanısıra alaşımdaki elementler arasındaki  $3d$  elektron transferine etki ettiği söylenebilir.

$3d$  elektron transferi yüksek konsantrasyonlu elementten düşük konsantrasyonlu elemente doğru gerçekleşebileceği gibi bu transfer düşük konsantrasyonlu elementten yüksek konsantrasyonlu elemente doğru da gerçekleşebilir. Bununla birlikte bir elementin atomları tarafından verilen  $3d$  elektronlarının sayısı ile ikinci elementin atomları tarafından alınanların sayısı arasında basit bir nicel ilişki yoktur. Ayrıca bir elementin  $3d$  elektron sayısındaki değişim diğer elementin  $3d$  elektron sayısındaki değişime her zaman uygun olmamaktadır. Buna göre alaşımı oluşturan ilgili elementlerin atomlarının  $3d$  ve  $4s$ ,  $4p$  seviyeleri arasında elektronların yeniden düzenlenmesi, alaşımlarda elementlerin valens elektron konfigürasyonlarının değişimini etkileyen diğer bir etkidir (Han 2009).

Alaşımı oluşturan metaller için  $3d$  elektron sayılarının metallerin alaşımdaki kendi konsantrasyonlarına bağlı değişim grafikleri, manyetik alanın  $B=0$  T şiddeti için Şekil 4.10'da, manyetik alanın  $B=0,5$  T şiddeti için Şekil 4.11'de, manyetik alanın  $B=1$  T şiddeti için Şekil 4.12'de verilmiştir. Bu grafikler incelendiğinde, her üç durum için de ( $B=0$  T,  $B=0,5$  T ve  $B=1$  T için) alaşımı oluşturan Fe'nin  $3d$  elektron sayısı sistematik olarak konsantrasyon arttıkça artmakta olduğu ve alaşımı oluşturan Ni'nin  $3d$  elektron sayısı konsantrasyon arttıkça parabolik olarak önce azalır sonra arttığı saptanmıştır.

Alaşımı oluşturan metallerin  $3d$  elektron sayılarında meydana gelen rölatif değişim (pür metallerle kıyasla) grafikleri elementlerin alaşımdaki kendi konsantrasyonlarına bağlı olarak çizilmiştir. Bu grafikler, manyetik alanın  $B=0$  T şiddeti için Şekil 4.13'de, manyetik alanın  $B=0,5$  T şiddeti için Şekil 4.14'de, manyetik alanın  $B=1$  T şiddeti için Şekil 4.15'de verilmiştir. Bu grafikler incelendiğinde, her üç durum için ( $B=0$  T,  $B=0,5$  T ve  $B=1$  T için) hemen hemen aynı değişim olup, sistematik olarak bu değişim alaşımdaki Fe için artan konsantrasyonla negatiften pozitif doğru artma şeklinde ve alaşımdaki Ni için artan konsantrasyonla pozitiften negatife doğru azalma şeklindedir. Ancak çizilen grafiklerden görüldüğü üzere her üç durumda ( $B=0$  T,  $B=0,5$  T ve  $B=1$  T için) da  $Fe_{0,64}Ni_{0,36}$  alaşımındaki Fe'nin  $3d$  elektron sayısındaki değişim negatif yönde çok büyük olup artan manyetik alanla birlikte mutlak değersel olarak arttığı

saptanmaktadır. Bu değişim bu alaşımın farklı manyetik özelliklere sahip olduğu anlamına gelebilir.

Tüm elde edilen sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde saf Fe, saf Ni ve  $Fe_xNi_{1-x}$  alaşımlarındaki Fe ve Ni'nin  $K\beta/K\alpha$  X-ışını şiddet oranlarının ve valens elektron konfigürasyonlarının dış manyetik alana bağlı olduğu saptanmıştır.

## KAYNAKLAR

- Arndt, E., Brunner, G., Hartmann, E., 1982.  $K\beta/K\alpha$  intensity ratios for  $X$ -ray production in  $3d$  elements by photoionisation and electron capture. *Journal of Physics B: Atomic, Molecular and Optical Physics*, 15, L887–L889.
- Aydoğan, Ő., 2011. *Katıhal Fiziği*. 1. Baskı, Nobel Yayinevi, Ankara.
- Aylikci, N.K., TiraŐođlu, E., Apaydin, G., Cengiz, E., Aylikci, V., Bakkaloğlu, Ö.F., 2009. Influence of alloying effect on  $X$ -ray fluorescence parameters of Co and Cu in CoCuAg alloy films. *Chemical Physics Letters*, 475, 100-108.
- Aylikci, N.K., TiraŐođlu, E., Karahan, İ.H., Aylikci, V., Eskil, M., Cengiz, E., 2010. Alloying effect on K  $X$ -ray intensity ratios, K  $X$ -ray production cross-sections and radiative Auger ratios in superalloys constitute from Al, Ni and Mo elements. *Chemical Physics*, 475, 135-140.
- Aylikci, N.K., TiraŐođlu, E., Karahan, İ.H., Aylikci, V., Cengiz, E., Apaydin, G., 2010. Alloying effect on K shell  $X$ -ray fluorescence parameters and radiative Auger ratios of Co and Zn in  $Zn_xCo_{1-x}$  alloys. *Chemical Physics Letters*, 484, 368-373.
- Basa, D.K., Raj, S., Padhi, H.C., Polasik, M., Pawlowski, F., 2002. Studies on the valence electronic structure of Fe and Ni in  $Fe_xNi_{1-x}$  alloys. *PRAMANA Journal of Physics*, 58, 783–786.
- Bhuinya, C.R, Padhi, H.C., 1993. Alloying effect on  $K\beta$ -to- $K\alpha$   $X$ -ray intensity ratios in  $Ti_xNi_{1-x}$  and  $Cr_xNi_{1-x}$  alloys studied  $\gamma$ -ray fluorescece and fast proton ionization. *Physical Review A*, 47, (6), 4885–4890.
- Bhuinya, C.R., Padhi, H.C., 1992. Alloying effect on the  $K\beta/K\alpha$  intensity ratios of Ti, Cr and Ni. *Journal of Physics B: Atomic, Molecular and Optical Physics*, 25, 5283–5287.
- Brunner, G., Nagel, M., Hartmann, E., Arndt, E., 1982. Chemical sensitivity of the  $K\beta/K\alpha$   $X$ -ray intensity ratio for  $3d$  elements. *Journal of Physics B: Atomic, Molecular and Optical Physics*, 15, 4517–4522.
- Bütün, H., 2007.  $Fe_xZn_{1-x}$  ince filmlerinde  $K\beta/K\alpha$  Şiddet oranının ölçülmesi. KahramanmaraŐ Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, KahramanmaraŐ.
- Carreras, A., Stutz, G., Castellano, G., 2003. Measurement of K-line transition rates for Ti, V, Cr, Mn, Fe and Co using synchrotron radiation. *Radiation Physics and Chemistry*, 67, 703–706.
- Castellano, G., Bonetto, R., Trincavelli, J., Vasconcellos, M., Campos, C., 2002. Optimization of K-shell intensity ratios in electron probe microanalysis. *X-Ray Spectrometry*, 31, 184–187.
- Çevik, U., Kaya, S., Ertugral, B., Baltas, H., Karabıdak, S.M., 2007. K-shell  $X$ -ray fluorescence cross-sections and intensity ratios for some pure metals at 59.5 and 123.6 keV. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B*, 262, 165–170.
- Debertin, K., Hemler, R.G., 1988. *Gamma and X-Ray Spectrometry with Semiconductor Detectors*. Elsevier Science Publishers, 94–97, New York, U.S.A.

- Demir, D., 2005. Dış elektrik ve manyetik alanların Compton saçılması ile K ve L  $X$ -ışınlarının açısal dağılımına etkisinin incelenmesi. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Erzurum.
- Demir, D., Şahin, Y., 2006. The effect of an external magnetic field on the  $L_3$  subshell fluorescence yields and level widths for Gd, Dy, Hg and Pb at 59,54 keV  $\gamma$ -rays. *Phys. Rev. A*, 50, 1096-1100.
- Ertuğrul, M., Şimşek, Ö., 2002. Measurement of  $K\beta_2/K\beta_1$  and  $K\beta_2/K\alpha_1$  relative intensities with  $^{57}\text{Co}$  for heavy elements. *Journal of Physics B: Atomic, Molecular and Optical Physics*, 35, 601–604.
- Franciosi, A., Weaver, H., Schmidt, F.A., 1982. Electronic structure of nickel silicides  $\text{Ni}_2\text{Si}$ ,  $\text{NiSi}$ , and  $\text{NiSi}_2$ . *Physical Review B*, 26, (2), 546–553.
- Gerward, L., Guilbert, N., Bjorn J.K., Levring, H., 2001.  $X$ -ray absorption in matter, Reengineering XCOM. *Radiation Physics and Chemistry*, 60, 23–24.
- Hajivaliei, M., Puri, S., Garg, M.L., Mehta, D., Kumar, A., Chamoli, S.K., Avasthi, D.K., Mandal, A., Nandi T.K., Singh, K.P., Singh, N., Govil, I.M., 2000. K and L  $X$ -ray production cross sections and intensity ratios of rare-earth elements for proton impact in the energy range 20-25 MeV. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B*, 160, 203–215.
- Han, I., Şahin, M., Demir, L., 2008. Angular variations of K and L  $X$ -ray fluorescence cross sections for some lanthanides. *Canadian Journal of Physics*, 86, (2), 361–367.
- Han, I., Şahin, M., Demir, L., 2007. Measurement of K  $X$ -ray fluorescence cross-sections, fluorescence yields and intensity ratios for some elements in the atomic range  $22 \leq Z \leq 68$ . *Applied Radiation and Isotopes*, 65, (6), 669–675.
- Han, I., Demir, L., 2010. Charge transfer and delocalization studies from  $K\beta$ -to- $K\alpha$  intensity ratios in  $\text{Co}_x\text{Cu}_{1-x}$  alloys. *Annals of Nuclear Energy*, 37, 822-826.
- Han, I., Demir, L., 2010. Relative K  $X$ -ray intensity studies on valence-electron structure of Ti and Co in  $\text{Ti}_x\text{Co}_{1-x}$  alloys. *Physical Review A*, 82, 042514.
- Han, I., Demir, L., 2010. Effect of annealing treatment on  $K\beta$ -to- $K\alpha$  intensity ratios of 3d transition-metal alloys. *Physical Review A*, 81, 062514.
- Han, I., Demir, L., 2010. Valence-electron configuration of Ti and Ni in  $\text{Ti}_x\text{Ni}_{1-x}$  alloys from  $K\beta$ -to- $K\alpha$   $X$ -ray intensity ratio studies. *Applied Radiation and Isotopes*, 68, 1035-1039.
- Han, I., 2009. Geçiş metallerinin valens elektron yapılarının  $X$ -ışını şiddet oranları vasıtasıyla belirlenmesi,  $X$ -ışını şiddet oranlarının tavlama sıcaklığına bağlı davranışlarının incelenmesi, alaşımlar için etkin atom numaraları ve elektron yoğunluklarının tayini. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Erzurum.
- Hölzer, G., Fritsch, M., Deutsch, M., Härtwig, J., Förster, E., 1997.  $K\alpha_{1,2}$  and  $K\beta_{1,3}$   $X$ -ray emission lines of 3d transition metals. *Physical Review A*, 56, (6), 4554–4568.
- Hubbell, J.H., Mehta, D., Garg, M.L., Garg, R.R., Singh, Surinder, Puri, S.J., 1994. A review, bibliography and tabulation of K, L and higher atomic shell  $X$ -ray fluorescence yields. *Phys. Chem. Ref. Data*, 23, 339.
- Inoue, S., Saito, J.-I., Morinaga, M., Kano, S., 1994. Alloying effect on the electronic structures of Nb and Mo. *J. Phys. Condens. Matter*, 6, 5081-5096.

- Kalayci, Y., Agus, Y., Ozgur, S., Efe, N., Zararsiz, A., Arikan, P., Mutlu, R.H., 2005. Influence of the alloying effect on nickel K-shell fluorescence yield in Ni-Si alloys. *Spectrochimica Acta Part B*, 60, 277-279.
- Kalayci, Y., Aydinuraz, A., Tugluoglu, B., Mutlu, R.H., 2007. Valence electronic structure of Ni in Ni-Si alloys from relative K  $X$ -ray intensity studies. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*, 255, 438-440.
- Kawai, J., Ohta, M., Konishi, T., 2005. Chemical effects in high-resolution Nickel  $K\alpha$   $X$ -ray fluorescence spectra. *Analytical Sciences*, 21, 865-868.
- Kawai, J., Suzuki, C., Adachi, H., Konishi, T., Gohshi, Y., 1994. Charge-transfer effect on the linewidth of Fe  $K\alpha$   $X$ -ray fluorescence spectra. *Physical Review B*, 50, (16), 348-354.
- Krause, M.O., Nestor, Jr, C.W., Sparks, Jr, C.J., Ricci, E., 1978.  $X$ -ray fluorescence cross sections for K and L  $X$  rays of the elements. OAK Ridge National Laboratory, 253, ORNL-5399.
- Küçükönder, A., Büyükkasap, E., Yilmaz, R., Şahin, Y., 1999. Chemical Effects on the  $K\beta/K\alpha$  Intensity Ratios in First-row Transition Element compounds. *Acta Physica Polonica A*, 95, 243-250.
- Küçükönder, A., Şahin, Y., Büyükkasap, E., Kobya, A., 1993. Chemical effects on  $K\beta/K\alpha$   $X$ -ray intensity ratios in coordination compounds of some  $3d$  elements. *Journal of Physics B: Atomic, Molecular and Optical Physics*, 26, 101-105.
- Liu, Y., Fujiwara, T., Yukowa, H., Morinaga, M., 2001. Alloying effect on electronic structures of lithium intercalation compounds. *Computational Materials Science*, 22, 309-317.
- Mukoyama, T., Taniguchi, K., Adachi, H., 2000. Variation of  $K\beta/K\alpha$   $X$ -ray intensity ratios in  $3d$  elements. *X-Ray Spectrometry*, 29, 426-429.
- Paakkari, T., Manninen, S., Berggren, K.F., 1975. Compton profiles of transition metals: V, Cr, Fe, Ni, Cu and Zn. *Physica Fennica*, 10, (4), 207-214.
- Pal, D., Padhi, H.C., 1992. Compton Profiles of  $Ti_xNi_{1-x}$  Alloys. *Philosophical Magazine B*, 65, 553-558.
- Pal, D., Padhi, H.C., 1993. Compton Profile Studies of  $Cr_xNi_{1-x}$  Alloys. *Physica Status Solidi B*, 175, 507-512.
- Papaconstantopoulos, D.A., 1986. *Handbook of Band Structure Elemental Solids*, Plenum Press, New York.
- Pawłowski, F., Polasik, M., Raj, S., Padhi, H.C., Basa, D.K., 2002. Valence electronic structure of Ti, Cr, Fe and Co in some alloys from  $K\beta$ -to- $K\alpha$   $X$ -ray intensity ratio studies. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B*, 195, 367-373.
- Polasik, M., 1998. Influence of changes in the valence electronic configuration on the  $K\beta$ -to- $K\alpha$   $X$ -ray intensity ratios of  $3d$  transition metals. *Physical Review A*, 58, (3), 1840-1845.
- Polasik, M., Koziol, K., Slabkowska, K., Czarnota, M., Pajek, M., 2009. Influence of changes in the valence electronic configuration on the structure of L  $X$ -ray spectra of molybdenum. *Journal of Physics: Conference Series*, 163, 012050.
- Porikli, S., Demir, D., Kurucu, Y., 2008. Variation of  $K\beta/K\alpha$   $X$ -ray intensity ratio and lineshape with the effects of external magnetic field and chemical combination. *The European Physical Journal D*, 47, 315-323.

- Porikli, S., 2009. Dış manyetik alanda  $3d$  ve  $4d$  grubu geçiş elementlerinin K tabakası  $X$ -ışını şiddet oranı ve emisyon çizgileri üzerine kimyasal etkilerinin araştırılması. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Erzurum.
- Porikli, S., Kurucu, Y., 2011. Comparisons of an external magnetic field effect and chemical effect on  $X$ -ray  $K\beta/K\alpha$  intensity ratio and line-shape of some Chromium compounds. *J. Radioanal Nucl. Chem.*, 289:739-750.
- Prinz, G.A., 1998. Magneto-electronics. *Science*, 282, 1660–1663.
- Raj, S., Padhi, H.C., Polasik, M., 1998. Influence of chemical effect on the  $K\beta$ -to- $K\alpha$   $X$ -ray intensity ratios of Ti, V, Cr and Fe in TiC, VC, CrB, CrB<sub>2</sub> and FeB. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B*, 145, 485-491.
- Raj, S., Dhal, B.B., Padhi, H.C., Polasik, M., 1998. Influence of solid-state effects on the  $K\beta$ -to- $K\alpha$   $X$ -ray intensity ratios of Ni and Cu in various silicide compounds. *Physical Review B*, 58, (14), 9025-9029.
- Raj, S., Padhi, H.C., Polasik, M., Basa, D.K., 1999. Charge transfer studies in  $V_3Si$ ,  $Cr_3Si$  and  $FeSi$ . *Solid State Communications*, 110, 275–279.
- Raj, S., Padhi, H.C., Basa, D.K., Polasik, M., Pawłowski, F., 1999.  $K\beta$ -to- $K\alpha$   $X$ -ray intensity ratio studies on the changes of valence electronic structures of Ti, V, Cr, and Co in their disilicide compounds. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B*, 152, 417-424.
- Raj, S., Padhi, H.C., Palit, P., Basa, D.K., Polasik, M., Pawłowski, F., 2002. Relative K  $X$ -ray intensity studies of the valence electronic structure of  $3d$  transition metals. *Physical Review B*, 65, 193105, 1–3.
- Raj, S., Padhi, H.C., Polasik, M., 1999. Influence of alloying effect on  $K\beta/K\alpha$   $X$ -ray intensity ratios of V and Ni in  $V_xNi_{1-x}$  alloys. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B*, 155, 143–152.
- Raj, S., Padhi, H.C., Polasik, M., 2000. Influence of chemical effect on the  $K\beta$ -to- $K\alpha$   $X$ -ray intensity ratios of Cr, Mn and Co in CrSe, MnSe, MnS and CoS. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B*, 160, 443–448.
- Raj, S., Padhi, H.C., Polasik, M., Pawłowski, F., Basa, D.K., 2001.  $K\beta$ -to- $K\alpha$   $X$ -ray intensity ratio studies of the valence electronic structure of Fe and Ni in  $Fe_xNi_{1-x}$  alloys. *Physical Review B*, 63, 073109, 1–4.
- Raj, S., Padhi, H.C., Polasik, M., Pawłowski, F., Basa, D.K., 2000. Valence electronic structure of Fe and Ni in  $Fe_xNi_{1-x}$  alloys from relative K  $X$ -ray intensity studies. *Solid State Communications*, 116, 563–567.
- Raj, S., Padhi, H.C., Raychaudhury, P., Nigam, A.K., Pinto, R., Polasik, M., Pawłowski, F., Basa, D.K., 2001. Valence electronic structure of Mn in undoped and doped lanthanum manganites from relative K  $X$ -ray intensity studies. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B*, 174, 344–350.
- Scofield, J.H., 1973. Theoretical photoionization cross-section from 1-1500 keV. Lawrence Livermore Laboratory Report No. UCRL-51326.
- Scofield, J.H., 1974. Relativistic Hartree-Slater values for K and L  $X$ -ray emission rates. Lawrence Livermore Laboratory Report No. UCRL-94550 *Atomic Data and Nuclear Data Tables*, 14, 121–137.
- Serway, R.A., Beichner, R.J., Jevett, Jr, J.W., 2002. Elektrik ve Manyetizma-İşık ve Optik. *Fizik*, (2), 5. Baskıdan Çeviri, Palme Yayıncılık, Ankara.

- Serway, R.A., Beichner, R.J., Jevett, Jr, J.W., 2011. Elektrik ve Manyetizma-Işık ve Optik. Fizik, (2), 5. Baskıdan Çeviri, Palme Yayıncılık, Ankara.
- Shcherba, I.D., Nemoshkalenko, V.V., Antonov, V.M., Koterlyn, M.D., Dobrjans 'ka, L.O., Czycvhrij, S.I., Bilyk, D.V., 2003. Electron structure and valence state of  $CeM_2P_2$  (M=Fe, Co, Ni) compouds. Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena, 131-132, 125-132.
- Söğüt, Ö., Büyükkasap, E., Erdoğan, H., 2002. Chemical-effect variation of  $K\beta/K\alpha$  X-ray intensity ratios in 3d elements. Radiation Physics and Chemistry, 64, 343-348
- Söğüt, Ö., Seven, S., Baydaş, E., Büyükkasap, E., Küçükönder, A., 2001. Chemical effects on  $K\beta/K\alpha$  X-ray intensity ratios of Mo, Ag, Cd, Ba, La, Ce compounds and total mass attenuation coefficients of Fe and Cu. Spectrochimica Acta Part B, 56, 1367-1374.
- Söğüt, Ö., Büyükkasap, E., Küçükönder, A., Ertuğul, M., Şimşek, Ö., 1995. Alloying Effect on  $K\beta/K\alpha$  Intensity Ratios in  $Cr_xNi_{1-x}$  and  $Cr_xAl_{1-x}$  Alloys. Applied Spectroscopy Reviews, 30, (3), 175 – 180.
- Şahin, Y., Kurucu, Y., 2005. Atom Fiziği, Pegem A Yayıncılık, Erzurum, 248.



## ÖZGEÇMİŞ

1985 yılında Erzurum'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Erzurum'da tamamladı. Lise eğitimini Erzurum Lisesi'nde tamamladı. 2004 yılında girdiği Atatürk Üniversitesi Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi Fizik Öğretmenliği bölümünden 2009 yılında mezun oldu. 2009 yılında Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Atom ve Molekül Fiziği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans'a başladı. Şu an Yüksek Lisans öğrenimine devam etmektedir.